



Instituto Politécnico de Tomar
Escola Superior de Tecnologia de Tomar

AVALIAÇÃO DO RISCO SÍSMICO NO NÚCLEO URBANO DE ALJUSTREL

Relatório de Mestrado

João António Galinha de Sousa Serra

Mestrado em Reabilitação Urbana
(Construção)

TOMAR/ NOVEMBRO / 2015



Instituto Politécnico de Tomar
Escola Superior de Tecnologia de Tomar

AVALIAÇÃO DO RISCO SÍSMICO

NO

NÚCLEO URBANO DE ALJUSTREL

João António Galinha de Sousa Serra (n.º 470)

Orientado por:

Professora Doutora Cristina Margarida Rodrigues Costa

Relatório apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar

para cumprimento dos requisitos necessários

à obtenção do grau de Mestre em Reabilitação Urbana

RESUMO

A maioria dos centros históricos das cidades, vilas e aldeias encontram-se descaracterizados e envelhecidos. Estes núcleos apresentam maior risco sísmico, associado à natureza dos materiais, à tipologia da construção e às condições de segurança e acessibilidade. Os núcleos urbanos antigos são portadores de um património histórico e arquitetónico a proteger e a salvaguardar.

Nas últimas décadas a avaliação de risco sísmico, tal como outros fenómenos naturais, é de preocupação crescente, e é considerado essencial na definição de estratégias de planeamento e gestão urbana. A avaliação da vulnerabilidade sísmica dos edifícios existentes na perspetiva de mitigação do risco sísmico deve colocar-se não só aos edifícios isolados de relevante importância histórica ou cultural, mas também em relação aos aglomerados de construções de centros urbanos ou históricos. A análise do desempenho de edifícios em sismos recentemente ocorridos tem permitido identificar os aspetos estruturais e construtivos que mais influenciam na sua vulnerabilidade e consequentemente na produção de mecanismos de danos.

A ocorrência de um sismo coloca em risco o património histórico, vidas humanas e todos os bens pessoais dos seus residentes.

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o risco sísmico do núcleo urbano de Aljustrel, freguesia de Fátima, concelho de Ourém.

Numa primeira fase, efetuou-se o levantamento do existente, pesquisando sobre os principais materiais usados na construção, a tipologia, o estado de conservação e as condições para uma possível intervenção. Foram utilizadas fichas de inspeção para caracterizar o edificado, já testadas noutros núcleos urbanos.

Tendo como base o trabalho realizado anteriormente, procedeu-se de forma pormenorizada ao cálculo do índice de vulnerabilidade, análise das fragilidades estruturais, grau de confiança, estimativa de danos (distribuição e cenário de danos e curvas de fragilidade) e avaliação de perdas (colapso e inutilização de edifícios, perdas humanas e desalojamento, perdas económicas e estimativa de danos de reparação).

Palavras-chave: Vulnerabilidade sísmica, Aljustrel, Avaliação de Risco, Núcleo urbano

ABSTRACT

Most of the historic centers of cities, towns and villages are old and uncharacterized. These urban centers have higher seismic risk associated with the nature of the materials, types of construction and the security and accessibility conditions. The old urban centers have historic and architectural heritage to protect and enhance.

In recent decades the assessment of seismic risk, like other natural phenomena, is of growing concern, and is considered essential in the development of strategies for planning and urban management. The evaluation of the seismic vulnerability of existing buildings, on what concerns seismic risk reduction, should be done not only on individual buildings of historical relevance or cultural significance, but also on clusters of buildings or urban historic centers. The analysis of the performance of the buildings in recent earthquakes has allowed to identify structural and constructive aspects that influence their vulnerability, and consequently the damage mechanisms.

The occurrence of an earthquake endangers the historical patrimony, human lives and personal property of the residents.

Our purpose is to evaluate the seismic risk in the urban area of Aljustrel, of Fátima, Ourém's county.

Initially we performed a survey on the current situation by leading a search on key materials used in the construction, the type, condition of the building, and the possibility for an intervention. Were used to characterize the inspection of buildings, already tested in other urban centers.

Based on the previous work, we proceeded in detail the calculation and analysis of seismic vulnerability, structural weaknesses, degree of confidence, estimated damage (distribution and landscape damage and fragility curves) and valuation losses (collapse and destruction of buildings, loss of life and displacement and economic losses and estimated repair damage).

Keywords: Seismic vulnerability, Aljustrel, Risk Assessment, Urban Area

À família e aos amigos

AGRADECIMENTOS

Expresso aqui todo o meu agradecimento a todos aqueles que possibilitaram o desenvolvimento, acompanhamento e coordenação deste trabalho, concretamente:

Professora Doutora Cristina Costa, pela disponibilidade em orientar o trabalho e prestar todo o tipo de esclarecimentos, na estruturação e aperfeiçoamento do mesmo.

Professor Doutor Romeu da Silva Vicente pela disponibilidade e colaboração prestada no esclarecimento das questões apresentadas.

À Câmara Municipal de Ourém, em especial aos técnicos, pelo apoio e por possibilitarem a base para o desenvolvimento do relatório.

Ao Museu do Santuário de Fátima, pela colaboração e cedência da informação essencial e necessária para este tema.

A todas as entidades ou pessoas que de uma maneira direta ou indireta contribuíram para este objetivo.

A todos, um bem-haja.

ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	V
ABSTRACT	VI
AGRADECIMENTOS.....	VIII
ÍNDICE GERAL.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE QUADROS	XX
ABREVIATURAS E SIGLAS	XXII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Justificação do tema	2
1.3 Objeto de estudo.....	3
1.4 Objetivos	3
1.5 Metodologia	3
1.6 Estrutura e organização	4
2. CARACTERIZAÇÃO DO CENTRO HISTÓRICO DE OURÉM	5
2.1 Concelho de Ourém	5
2.1.1 Breve história de Ourém.....	5
2.1.2 Freguesia de Fátima.....	6
2.1.3 Lugar de Aljustrel.....	9
2.2 Evolução do núcleo urbano de Aljustrel	10
2.2.1 Caracterização construtiva.....	12
2.2.1.1 Casas de pedra à vista.....	12
2.2.1.2 Casas com arco de volta perfeita	13
2.2.1.3 Casas com alpendre de lajes	20
2.2.1.4 Casas com alpendre de telha.....	22

2.2.1.5 Casas com “alpendre de pial*	27
2.2.1.6 Casa sem alpendre com piso superior.....	28
2.2.1.7 Uma construção particular – O poço coberto	32
2.2.1.8 Casas de pedra com reboco	34
2.2.1.9 Casas de alvenaria em tijolo e betão armado.....	39
2.3 Planeamento urbanístico de Aljustrel	42
2.4 Caraterização da rede viária de Fátima e Aljustrel	46
2.5 Ocupação funcional do edificado.....	47
2.6 Estado de conservação	52
3. CARATERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DO EDIFICADO.....	57
3.1 Levantamento geométrico do local	57
3.2 Inspeção, registo e diagnóstico do edificado (Fichas)	57
4. AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE SÍSMICA.....	66
4.1 Introdução	66
4.2 Sismicidade histórica em Portugal continental	67
4.3 A ação sísmica sobre as estruturas de alvenaria	68
4.4 Regulamentos de verificação da segurança sísmica.....	71
4.4.1 Introdução.....	71
4.4.2 Análise comparativa dos regulamentos	72
4.5 Metodologia aplicada.....	73
4.5.1 Enquadramento.....	73
4.5.2 Descrição da metodologia aplicada	75
5. ANÁLISE DE RESULTADOS	80
5.1 Vulnerabilidade do núcleo urbano de Aljustrel	80
5.1.1 Classificação dos parâmetros	80
5.1.2 Cálculo do índice de vulnerabilidade	86

5.2	Fragilidades estruturais	91
5.3	Grau de confiança	91
5.4	Estimativa de danos	93
5.4.1	Distribuição e cenários de dano.....	93
5.4.2	Curvas de fragilidade.....	112
5.5	Avaliação de perdas	114
5.5.1	Colapso e inutilização dos edifícios	115
5.5.2	Perdas humanas e desalojamento	118
5.5.3	Perdas económicas e estimativa de custos de reparação	121
6.	COMENTÁRIOS FINAIS E PROPOSTAS FUTURAS.....	125
7.	REFERÊNCIAS	128

ANEXO A – CARATERIZAÇÃO DO EDIFICADO

ANEXO B – FICHAS PARA AÇÕES DE LEVANTAMENTO

ANEXO C – AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO CENTRO HISTÓRICO DE OURÉM

Figura 2.1 – Enquadramento nacional de Ourém (Junta de Freguesia de Fátima 2014) ..	6
Figura 2.2 – Freguesia de Fátima (Junta de Freguesia de Fátima 2014)	6
Figura 2.3 – Evolução do aglomerado de Aljustrel (Ribeiro 2006)	10
Figura 2.4 – Intervenção num edifício privado sem coerência com o espaço público (Ribeiro 2006).....	11
Figura 2.5 – Preservação integral do existente (Ribeiro 2006).....	11
Figura 2.6 – Antiga casa com arco em estado de ruínas.....	13
Figura 2.7 – Casa de arco com as juntas argamassadas.....	13
Figura 2.8 – Pormenor do reforço da verga de porta.....	14
Figura 2.9 – Pormenor do reforço da verga de janela em arco.....	14
Figura 2.10 – Janela existente na Casa-Museu (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	15
Figura 2.11 – Tipologias de reforço (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	15
Figura 2.12 – Reforço superior das padieiras (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	16
Figura 2.13 – Vão com verga em arco	16
Figura 2.14 – Projeto de arco de volta perfeita (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	16
Figura 2.15 – Madeiramento (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	17
Figura 2.16 – Arco com parede envolvente (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	17
Figura 2.17 – Portal com gonzos de ferro (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	17
Figura 2.18 – Fecho interior de madeira (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	18
Figura 2.19 – Madeiramento da cobertura (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	18
Figura 2.20 – Telhado de duas águas e parede arredondada com vários postigos. A janela larga foi aberta sobre a original e ainda mantém um respiradouro.....	18
Figura 2.21 – Suportes do soalho do piso superior (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).	19

Figura 2.22 – Vigamento feito com troncos (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	19
Figura 2.23 – Espaços interiores de uma das casas	20
Figura 2.24 – Um forno visto de perto (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	20
Figura 2.25 – Casa alpendrada com duas lajes colocadas em posição angular que se encostavam à parede (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	21
Figura 2.26 – Casa alpendrada com teto de lajes embicadas, assentes em colunas talhadas na pedra do Moimento ou das lajes dos Chões. Construção mais recente relativamente à anterior (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	21
Figura 2.27 – Casa alpendrada com laje única (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	22
Figura 2.28 – A parede da casa que se confunde com um muro (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	22
Figura 2.29 – Casa de habitação e lavoura – Atual Casa-Museu	24
Figura 2.30 – Caleiras para condução de água da chuva - Casa-Museu	25
Figura 2.31 – Telheiros interiores - Casa-Museu (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993) ...	25
Figura 2.32 – Cisterna (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	26
Figura 2.33 – Lajes dos Chões (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	27
Figura 2.34 – Reprodução de fotografia, 1950 (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	28
Figura 2.35 – Piso superior – Habitação (Escala:1/150)	28
Figura 2.36 – Piso inferior – Cómodos (Escala:1/150)	29
Figura 2.37 – A parte frontal da casa (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	29
Figura 2.38 – O tabique entre a janela e o nicho (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	29
Figura 2.39 – Janela parcialmente tapada (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	30
Figura 2.40 – A lareira (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	30
Figura 2.41 – Ao fundo da porta da velha casa, a Sra. Maria de Jesus (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	31
Figura 2.42 – A localização da porta observa-se pela diferença da disposição das pedras entre o perfil da ombreira (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	31

Figura 2.43 – Uma manjedoura de pedra, semiencoberta pela de madeira (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	31
Figura 2.44 – Aspeto da frontaria de um poço coberto (Casa Velha) (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	32
Figura 2.45 – Poço coberto – Casa dos Videntes	33
Figura 2.46 – Frontaria de um poço coberto (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	33
Figura 2.47 – Aspeto interior do poço (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	33
Figura 2.48 – Casa de R/C sem alpendre (1928) (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)....	35
Figura 2.49 – Casa da vidente Lúcia	36
Figura 2.50 – Fachada principal de casa térrea rebocada e caiada	36
Figura 2.51 – A "Casa dos Franceses", 1950 (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	37
Figura 2.52 – A "Casa dos Franceses" na atualidade	37
Figura 2.53 – Chaminé circular trabalhada (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	38
Figura 2.54 – Casa com colunas de secção octogonal.....	38
Figura 2.55 – Casa construída em 1944 (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)	38
Figura 2.56 – Contraste de 100 anos (1886-1980) (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993) .	39
Figura 2.57 – Casa recente com telhas pretas (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).....	40
Figura 2.58 – Casa alvo de restauro recente.....	40
Figura 2.59 – Casa de habitação de construção recente	41
Figura 2.60 – Conjunto de casas para habitação e comércio.....	41
Figura 2.61 – Casa de dois pisos para habitação, comércio e telheiro	42
Figura 2.62 – Casa de dois pisos para habitação e comércio	42
Figura 2.63 – Limite da área crítica de recuperação e reconversão urbanística de Aljustrel (DR 2009)	45
Figura 2.64 – Mapa viário de Fátima / Aljustrel (Aljustrel - Fátima 2015)	46
Figura 2.65 – Casa-Museu Etnográfico – Festa da descamisada	48
Figura 2.66 – Casa-Museu Etnográfico – Conversando à luz do petróleo	48

Figura 2.67 – Casa-Museu Etnográfico – Brincando	49
Figura 2.68 – Antiga casa em ruínas	52
Figura 2.69 – Antiga casa em estado de degradação elevada.....	52
Figura 2.70 – Casa em ruínas	53
Figura 2.71 – Vista interior de casa em ruínas	53
Figura 2.72 – Casa dos videntes – Francisco e Jacinta.....	53
Figura 2.73 – Idem, vista interior	54
Figura 2.74 – Casa da vidente Lúcia	54
Figura 2.75 – Idem, vista interior	54
Figura 2.76 – Casa-Museu.....	55
Figura 2.77 – Idem, pormenor interior do janelo	55
Figura 2.78 – Edifício misto de comércio e habitação	55
Figura 2.79 – Edifício de três pisos de comércio e habitação	56
Figura 2.80 – Construção unifamiliar de dois pisos	56
Figura 2.81 – Habitação recente de dois pisos	56

CAPÍTULO 3 – CARATERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DO EDIFICADO

Figura 3.1 – Ficha de identificação do edifício	59
Figura 3.2 – Ficha de avaliação das paredes de fachada	60
Figura 3.3 – Ficha de avaliação dos pavimentos	61
Figura 3.4 – Ficha de avaliação de cobertura	62
Figura 3.5 – Ficha de avaliação de elementos secundários	63
Figura 3.6 – Ficha de avaliação de elementos secundários (Cont.).....	64
Figura 3.7 – Ficha relativa ao levantamento estrutural	65

CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE SÍSMICA

Figura 4.1 – Tipos de alvenaria comum em edifícios antigos (T. M. Ferreira 2009).....	69
Figura 4.2 – Comportamento sísmico de uma parede de alvenaria de pedra (T. M. Ferreira 2009)	70
Figura 4.3 – Área de estudo com identificação das edificações analisadas (Aljustrel - Fátima 2015)	74
Figura 4.4 – Cálculo do índice de vulnerabilidade, I_v	76
Figura 4.5 – Parâmetro P12 - Tipo de cobertura (R. d. Vicente 2008).....	79

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DE RESULTADOS

Figura 5.1 – Classificação para o parâmetro P1 – Tipo e Organização do Sistema Resistente	80
Figura 5.2 – Classificação para o parâmetro P2 – Qualidade do sistema resistente.....	81
Figura 5.3 – Classificação para o parâmetro P3 – Resistência convencional.....	81
Figura 5.4 – Classificação para o parâmetro P4 – Distância máxima entre paredes	81
Figura 5.5 – Classificação para o parâmetro P5 – Altura do Edifício	82
Figura 5.6 – Classificação para o parâmetro P6 – Posição do edifício e fundações	82
Figura 5.7 – Classificação para o parâmetro P7 – Localização e interação	82
Figura 5.8 – Classificação para o parâmetro P8 – Irregularidade em planta.....	83
Figura 5.9 – Classificação para o parâmetro P9 – Irregularidade em Altura	83
Figura 5.10 – Classificação para o parâmetro P10 – Desalinhamento de aberturas.....	83
Figura 5.11 – Classificação para o parâmetro P11 – Diafragmas horizontais.....	84
Figura 5.12 – Classificação para o parâmetro P12 – Tipo de cobertura.....	84
Figura 5.13 – Classificação para o parâmetro P13 – Danos estruturais identificados....	84
Figura 5.14 – Classificação para o parâmetro P14 – Elementos não estruturais.....	85
Figura 5.15 – Distribuição das classes de cada parâmetro (Totais).....	85
Figura 5.16 – Distribuição das classes de cada parâmetro (%)	85
Figura 5.17 – Distribuição das classes de cada parâmetro usado no cálculo do I_v	86

Figura 5.18 – Curva gaussiana normal ajustada.....	90
Figura 5.19 – Histograma do grau de confiança.....	93
Figura 5.20 – Curvas de Vulnerabilidade.....	94
Figura 5.21 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio$ (EMS-98=V).....	97
Figura 5.22 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio$ (EMS-98=VI)	97
Figura 5.23 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio$ (EMS-98=VII)	98
Figura 5.24 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio$ (EMS-98=VIII).....	98
Figura 5.25 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio$ (EMS-98=IX)	98
Figura 5.26 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio$ (EMS-98=X).....	99
Figura 5.27 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio$ (EMS-98=XI)	99
Figura 5.28 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio$ (EMS-98=XII)	99
Figura 5.29 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 2\sigma$ (EMS-98=V)	100
Figura 5.30 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 2\sigma$ (EMS-98=VI)	100
Figura 5.31 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 2\sigma$ (EMS-98=VII)....	100
Figura 5.32 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 2\sigma$ (EMS-98=VIII) ..	101
Figura 5.33 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 2\sigma$ (EMS-98=IX)	101
Figura 5.34 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 2\sigma$ (EMS-98=X)	101
Figura 5.35 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 2\sigma$ (EMS-98=XI)	102
Figura 5.36 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 2\sigma$ (EMS-98=XII)....	102
Figura 5.37 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 1\sigma$ (EMS-98=V)	103
Figura 5.38 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 1\sigma$ (EMS-98=VI)	103
Figura 5.39 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 1\sigma$ (EMS-98=VII)....	103
Figura 5.40 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 1\sigma$ (EMS-98=VIII)....	104
Figura 5.41 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 1\sigma$ (EMS-98=IX)	104
Figura 5.42 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 1\sigma$ (EMS-98=X)	104
Figura 5.43 – Distribuições de dano estimado para $Iv, médio - 1\sigma$ (EMS-98=XI)	105

Figura 5.44 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio - 1\sigma$ (EMS-98=XII)....	105
Figura 5.45 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 1\sigma$ (EMS-98=V)	106
Figura 5.46 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 1\sigma$ (EMS-98=VI)	106
Figura 5.47 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 1\sigma$ (EMS-98=VII)...	106
Figura 5.48 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 1\sigma$ (EMS-98=VIII) .	107
Figura 5.49 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 1\sigma$ (EMS-98=IX)	107
Figura 5.50 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 1\sigma$ (EMS-98=X)	107
Figura 5.51 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 1\sigma$ (EMS-98=XI)....	108
Figura 5.52 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 1\sigma$ (EMS-98=XII)...	108
Figura 5.53 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 2\sigma$ (EMS-98=V)	109
Figura 5.54 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 2\sigma$ (EMS-98=VI)	109
Figura 5.55 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 2\sigma$ (EMS-98=VII)...	109
Figura 5.56 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 2\sigma$ (EMS-98=VIII) .	110
Figura 5.57 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 2\sigma$ (EMS-98=IX)	110
Figura 5.58 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 2\sigma$ (EMS-98=X)	110
Figura 5.59 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 2\sigma$ (EMS-98=XI)....	111
Figura 5.60 – Distribuições de dano estimado para $I_v, médio + 2\sigma$ (EMS-98=XII)...	111
Figura 5.61 – Curva de Fragilidade, $I_v = 22.83$	112
Figura 5.62 – Curva de Fragilidade, $I_v = 11.92$	113
Figura 5.63 – Curva de Fragilidade, $I_v = 17.37$	113
Figura 5.64 – Curva de Fragilidade, $I_v = 28.29$	113
Figura 5.65 – Curva de Fragilidade, $I_v = 33.74$	114
Figura 5.66 – Probabilidade de colapso dos edifícios	116
Figura 5.67 – Probabilidade de inutilização dos edifícios.....	116
Figura 5.68 – Probabilidade de ocorrência de mortos / feridos graves	119
Figura 5.69 – Probabilidade de ocorrência de desalojamento	119

Figura 5.70 – Estimativa de custos (ATC-13 1985).....	122
Figura 5.71 – Estimativa de custos (Bramerini, et al. 1995).....	123
Figura 5.72 – Estimativa de custos (HAZUS 1999).....	123
Figura 5.73 – Estimativa de custos (Dolce, Marino, et al. 2000)	123

CAPÍTULO 6 – COMENTÁRIOS FINAIS E PROPOSTAS FUTURAS

CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS

ÍNDICE DE QUADROS

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO CENTRO HISTÓRICO DE OURÉM

Quadro 2.1 – Espaços comerciais, industriais e equipamentos (Fátima 2007) 50

Quadro 2.2 – Panorama sociocultural da aldeia refletido na arquitetura (Fátima 2007) 50

CAPÍTULO 3 – CARATERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DO EDIFICADO

CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE SÍSMICA

Quadro 4.1 – Principais sismos históricos em Portugal Continental (Lopes 2008) 68

Quadro 4.2 - Regulamentação portuguesa para verificação sísmica (Costa 2008) 71

Quadro 4.3 - Comparação entre os regulamentos (Costa 2008)..... 72

Quadro 4.4 - Índice de vulnerabilidade I_v , parâmetros e respetivos pesos associados (R. d. Vicente 2008)..... 76

Quadro 4.5 – Definição das classes de vulnerabilidade para o parâmetro P7 (R. d. Vicente 2008) 78

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DE RESULTADOS

Quadro 5.1 – Índice de vulnerabilidade de todos os edifícios..... 87

Quadro 5.2 – Índice de vulnerabilidade dos edifícios com estrutura resistente de alvenaria de pedra..... 88

Quadro 5.3 – Índice de vulnerabilidade dos edifícios em estrutura de betão armado 89

Quadro 5.4 – Índice de vulnerabilidade, classificação da classe de vulnerabilidade e tipologia estrutural 90

Quadro 5.5 – Definição geral dos níveis do grau de confiança (R. d. Vicente 2008) 92

Quadro 5.6 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $I_v, médio$ 116

Quadro 5.7 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $I_v, médio - 2\sigma$ 117

Quadro 5.8 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $Iv, médio - 1\sigma$	117
Quadro 5.9 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $Iv, médio + 1\sigma$	117
Quadro 5.10 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $Iv, médio + 2\sigma$	117
Quadro 5.11 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $Iv = 22.83$	120
Quadro 5.12 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $Iv = 11.92$	120
Quadro 5.13 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $Iv = 17.37$	120
Quadro 5.14 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $Iv = 28.29$	120
Quadro 5.15 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $Iv = 33.74$	120
Quadro 5.16 – Correlação entre graus de dano médio e índice de dano económico (R. d. Vicente 2008).....	121
Quadro 5.17 – Quadro comparativo de custos de reparação, $Iv, médio$	124

CAPÍTULO 6 – COMENTÁRIOS FINAIS E PROPOSTAS FUTURAS

CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS

ABREVIATURAS E SIGLAS

ACRRU	Área Crítica de Recuperação e Reconversão Urbanística
ARU	Área de Reabilitação Urbana
ACISO	Associação Empresarial Ourém - Fátima
ESRI	Environmental Systems Research Institute
EC8	Eurocódigo 8
EMS-98	European Macroseismic Scale
GECORPA	Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico
GNDT II	Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti
IIP	Imóveis de Interesse Público
I_v	Índice de Vulnerabilidade
IPPAR	Instituto Português do Património Arquitectónico
IPPC	Instituto Português do Património Cultural
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
PGA	Peak Ground Acceleration
P.P.	Plano de Pormenor
RSCSS	Regulamento de Segurança das Construções Contra Sismos
RSA	Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas
RSEP	Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes
RGEU	Regulamento Geral das Edificações Urbanas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRUFátima	Sociedade de Reabilitação Urbana de Fátima
SPES	Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Desde sempre, os sismos representam uma das grandes causas de danos graves e perda do património histórico e arquitetónico. A necessidade de salvaguardar estas construções passa pela compreensão e análise da sua vulnerabilidade sísmica que consequentemente sustenta as estratégias de reforço.

O risco sísmico determina o potencial para consequências negativas devido a fenómenos sísmicos que possam ocorrer numa área específica num determinado período de tempo. Especificamente o risco sísmico avalia as consequências económicas, sociais e ambientais de um determinado evento sísmico. Nas últimas décadas verifica-se uma crescente preocupação na avaliação do risco sísmico, assim como para outras catástrofes naturais, por apresentar um papel essencial no planeamento urbano e na gestão do risco de áreas suscetíveis. O desenvolvimento do estudo da vulnerabilidade em centros urbanos e áreas rurais pode ser conduzido de forma a focalizar as fragilidades dos edifícios e redução do risco sísmico, permitindo uma melhor avaliação de possíveis intervenções do ponto de vista da reconstrução e reabilitação.

Atualmente verifica-se uma acentuada degradação do património edificado nos centros urbanos e nos meios rurais, essencialmente por fatores da ordem socioeconómica. A crescente consciencialização desta problemática justifica as necessidades de reabilitação do edificado (Cóias e Silva 2001). O diagnóstico de edifícios apresenta-se como um instrumento importante no planeamento de intervenções num conjunto de edifícios como também na obtenção de respostas para reabilitação de um edifício isolado. Assim a análise da vulnerabilidade surge como uma ferramenta de apoio a decisões de reabilitação em edifícios. Tendo em consideração os aspetos estruturais, funcionais e operativos proporcionando informação útil no planeamento e ordenamento urbano e prevenção do risco sísmico (R. d. Vicente 2008).

Entre as medidas a adotar no domínio da segurança urbana, os Planos de Emergência Municipais, em articulação com outras medidas e instrumentos da proteção civil, têm vindo a constituir um avanço significativo no plano nacional, quando ocorrem situações de crise.

1.2 JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

O risco sísmico depende essencialmente de três variáveis:

- ✓ **Perigosidade:** trata-se da probabilidade de se exceder um determinado nível de movimento do solo devido a eventos sísmicos, em um dado local;
- ✓ **Vulnerabilidade:** trata-se da probabilidade de um dado elemento sofrer danos quando sujeito à ação sísmica;
- ✓ **Exposição:** trata-se do valor (económico ou humano) dos elementos expostos à ação sísmica.

Através da conjugação destas três grandezas, é possível compreender o quanto um edifício, uma cidade ou até mesmo um país está sujeito aos efeitos da ação sísmica. A vulnerabilidade estrutural assume especial importância, não só por refletir diretamente a suscetibilidade de um dado edifício sofrer dano quando sujeito à ação sísmica, mas porque intervindo com adequadas soluções de reforço sísmico pode ser possível reduzir significativamente a vulnerabilidade, e consequentemente o respetivo risco sísmico (R. d. Vicente 2008).

O risco sísmico pode ser interpretado como uma medida do potencial de perda, como nível de destruição ou dano, devido à ocorrência de um dado evento sísmico (R. d. Vicente 2008).

O cálculo do risco sísmico para uma dada região é fundamental para que sejam tomadas as devidas medidas de mitigação do mesmo. Esta redução do risco sísmico pode ser concebida através do melhoramento da capacidade de resposta dos edifícios aplicando soluções de reforços sísmico, ou através da imposição de códigos de construção mais rigorosos (diminuição da vulnerabilidade). Por vezes, a redução do risco sísmico pode também ser realizada evitando a construção em locais de grande atividades sísmica (diminuição da exposição). O reconhecimento da importância do cálculo do risco sísmico no processo de redução de perdas humanas e económicas devido a sismos, tem desencadeado imensos estudos e projetos com diferentes escalas por todo o mundo.

1.3 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é o núcleo urbano de Aljustrel, relativamente à vulnerabilidade sísmica, localizado na freguesia de Fátima, concelho de Ourém, distrito de Santarém.

O que referencia este local foi o nascimento naquele lugar dos três videntes de Fátima, o que permitiu que tenha passado a ser local de visita obrigatória para grande parte dos peregrinos que visitam Fátima. Reconhecendo estes factos a Câmara Municipal de Ourém pretende desenvolver um estudo e processo para a classificação de Aljustrel e realçar o lugar na região, no país e no Mundo.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é a avaliação do risco de vulnerabilidade sísmica através da aplicação de um método simplificado ao conjunto arquitetónico do núcleo urbano de Aljustrel de forma a identificar a sua vulnerabilidade sísmica, através da classificação desse risco, com a intenção de auxiliar a elaboração do Plano Especial de Emergência para os Núcleos Urbanos Antigos do Município de Ourém.

1.5 METODOLOGIA

De entre os muitos objetivos que se perspetivam no âmbito do planeamento e gestão urbana, a mitigação dos riscos nos núcleos urbanos antigos, nomeadamente do risco sísmico, assumem particular relevância.

Neste contexto propõe-se a realização de um trabalho, centrado numa das freguesias do concelho de Ourém, no caso Fátima, lugar de Aljustrel. Este trabalho poderá constituir o princípio de um estudo alargado a todo o núcleo urbano, que permita a elaboração do Plano Especial de Emergência para o Núcleo Urbano Antigo do Município de Ourém. Trata-se de um trabalho que aborda a mitigação dos riscos de núcleos urbanos antigos, através de um método de análise simplificado, com particular incidência sobre o risco sísmico, numa perspetiva de planeamento e gestão urbana. A realização deste trabalho compreende duas vertentes, uma de trabalho de campo e outra de trabalho de gabinete.

Os trabalhos de campo implicaram a inspeção do edificado. As ações de inspeção envolveram a entrada nos edifícios para, através de uma inspeção visual, registar vários aspetos relacionados com condições de segurança dos mesmos. Foram então inferidos parâmetros específicos como a identificação do edifício, as características das paredes de fachada, pavimentos, coberturas, a situação estrutural e o índice de vulnerabilidade sísmica do edifício. Contemplou ainda o levantamento geométrico dos edifícios que apresentam características arquitetónicas mais relevantes. Estas inspeções foram complementadas com outra informação disponível e validadas por registo fotográfico.

Os dados recolhidos em campo serão posteriormente tratados em gabinete, sendo inseridos numa base de dados para posteriores abordagens, nomeadamente análises estatísticas, tipos de materiais e técnicas construtivas do edificado, o estado de conservação do edificado, e aspetos relativos ao seu enquadramento urbano.

1.6 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO

O presente trabalho organiza-se em 5 capítulos e está estruturado na seguinte forma:

Capítulo 1: Descreve-se o contexto do presente trabalho, através do enquadramento, justificação do tema, objetivo e objeto de estudo e ainda a metodologia aplicada.

Capítulo 2: Nesta secção descreve-se a caracterização do núcleo urbano de Aljustrel, referenciando as suas principais características para o estudo desenvolvido.

Capítulo 3: Neste capítulo encontra-se a caracterização construtiva do edificado, recorrendo a modelos de fichas de inspeção, onde serão apresentados os resultados do levantamento, registo e inspeção.

Capítulo 4: No quarto capítulo, é abordado o tema da vulnerabilidade sísmica do ponto de vista teórico, isto é, faz-se uma introdução do tema, descrevem-se os principais regulamentos nesta temática e explicitam-se as metodologias seguidas.

Capítulo 5: Neste último capítulo são analisados os resultados do estudo efetuado no âmbito da vulnerabilidade sísmica, onde são estimados cenários de dano, avaliadas perdas e custos para o caso do núcleo urbano de Aljustrel.

2. CARACTERIZAÇÃO DO CENTRO HISTÓRICO DE OURÉM

2.1 CONCELHO DE OURÉM

O concelho de Ourém, do distrito de Santarém, localiza-se na Região do Centro, no Médio Tejo (Figura 2.1). É limitado a Este pelo concelho de Ferreira do Zêzere e Tomar, a Sudeste por Torres Novas, a Sul por Alcanena, a Oeste pelos concelhos de Leiria e Batalha e a Norte por Pombal e Alvaiázere. No total, abrange uma área de cerca de 416 km² e é constituído por 9 freguesias, Alburitel, Atouguia, Caxarias, Espite, Fátima, Nossa Senhora das Misericórdias, Nossa Senhora da Piedade, Seiça e Urqueira e por 4 uniões de freguesias, nomeadamente, União das Freguesias de Freixianda, Ribeira do Fárrio e Formigais, União das Freguesias de Gondemaria e Olival, União das Freguesias de Matas e Cercal e União das Freguesias de Rio de Couros e Casal dos Bernardos.

O concelho situa-se num morro alto, isolado no meio de planícies e vales, cortada por pequenas ondulações até atingir a Serra de Alvaiázere a Sudeste. A Sudoeste é limitado pelas serras de Aire e Candeeiros. O concelho encontra-se envolvido por uma grande área verde face à proximidade do Parque Natural da Serra de Aire e Candeeiros (Fátima - Projeto Concelho Ourém 2015).

2.1.1 BREVE HISTÓRIA DE OURÉM

O nome original deste Concelho foi Abdegas até o século XII. Com a expulsão dos Mouros por Dom Afonso Henriques em 1136, foi alterado para Auren e finalmente Ourém. Auren era o nome do castelo que, em 1136, D. Afonso Henriques tomou aos mouros. Em 1180 foi concedido o primeiro foral dado por D. Teresa, filha do rei conquistador. O Conde Andeiro, segundo Conde de Ourém, foi o responsável pela assinatura do Tratado de Aliança entre Inglaterra e Portugal, em vigor até aos nossos dias. D. Nuno Álvares Pereira, terceiro Conde de Ourém, foi o homem que em 1385 garantiu a independência de Portugal quando conseguiu uma espetacular vitória na grandiosa Batalha de Aljubarrota. O quarto conde de Ourém, D. Afonso, instalou a sua corte na localidade. Após 1755 e com as Invasões Napoleónicas, a nova localidade, começa a tomar forma no vale que viria a ser a futura sede do concelho, com o nome de Vila Nova de Ourém. Em 20 de Junho de 1991, passou a ser cidade, com o nome de Ourém (Fátima - Projeto Concelho Ourém 2015).

2.1.2 FREGUESIA DE FÁTIMA

Fátima é uma cidade Portuguesa, sede de uma Freguesia do Concelho de Ourém, pertencente ao Distrito de Santarém (Figura 2.1). Localiza-se aproximadamente a 11 km de Ourém, 25km de Leiria, 123 km de Lisboa e a 187 km do Porto e a 300 metros acima do nível do mar. Fátima tem uma área de 71, 29 km² e cerca de 11.596 habitantes de acordo com os censos de 2011 e densidade populacional de 144,5 Hab./Km² (Junta de Freguesia de Fátima s.d.).



Figura 2.1 – Enquadramento nacional de Ourém (Junta de Freguesia de Fátima 2014)



Figura 2.2 – Freguesia de Fátima (Junta de Freguesia de Fátima 2014)

O nome da cidade de Fátima (antigamente aldeia, depois vila) vem do nome árabe de Fātimah. Existe o conto não confirmado que o topónimo deriva de uma princesa moura de nome Fátima que depois de ter sido capturada pelo exército cristão durante a reconquista foi dada em casamento a um conde de Ourém. Aceitando o cristianismo, foi batizada com o nome de Oriana em 1158. Às terras serranas o conde deu o nome de Terras de Fátima, em memória dos seus ancestrais, e ao condado o nome de Oriana, depois Ourém (Wikipédia 2014).

A história de Fátima está permanentemente associada à existência de três crianças: Lúcia e seus primos, Francisco e Jacinta Marto, que a 13 de Maio de 1917, guardavam o rebanho à sombra das azinheiras de um lugar chamado Cova da Iria e vislumbraram um clarão, a aparição de uma “Senhora vestida de branco”, onde agora se localiza a Capela das Aparições. Aparecendo às crianças, a Abençoada Virgem Maria disse que havia sido enviada por Deus com uma mensagem para cada homem, mulher e criança no nosso século. Apareceu num momento em que a civilização estava a ser castigada pela guerra e a violência sangrenta, Ela prometeu que o Céu daria a paz a todo o mundo se os seus pedidos de oração, reparação e consagração fossem escutados e obedecidos. Nossa Senhora de Fátima explicou às crianças que a guerra é um castigo do pecado e advertiu que Deus seguiria castigando o mundo pela sua desobediência ao Seu Desejo através da guerra, da fome e da perseguição da Igreja, do Santo Padre e dos fiéis católicos. A Virgem pediu-lhes que rezassem muito pelo bem do mundo e anunciou que voltaria durante os próximos meses, a todos os dias 13. A última Aparição ocorreu no mês de Outubro, sendo presenciada por cerca de 70.000 peregrinos que assistiram ao Milagre do Sol (Junta de Freguesia de Fátima 2014).

A Mensagem de Nossa Senhora ao mundo baseia-se no que se tem vindo a chamar o "Segredo" que ela confiou às três crianças videntes em Julho de 1917. O Segredo realmente consiste em três partes. A primeira parte do Segredo foi uma horrível visão do inferno "aonde vão as almas dos pobres pecadores". A segunda parte do Segredo profetizou especificamente o início da Segunda Guerra Mundial. A última parte do Segredo (muitas vezes chamada o "Terceiro Segredo") foi escrita por Lúcia dos Santos, em 1944 e está na posse da Santa Sé desde 1957 (Junta de Freguesia de Fátima 2014).

Anos mais tarde, a Irmã Lúcia conta ainda que, entre Abril e Outubro de 1916, tinha aparecido um Anjo aos três videntes, por três vezes, duas na Loca do Cabeço e outra junto ao poço do quintal da casa de Lúcia, convidando-os à oração e penitência (Wikipédia 2014).

Finalmente, a 13 de Maio de 2000, durante a visita a Portugal, o papa João Paulo II, por meio do seu Secretário de Estado, Cardeal Ângelo Sodano, divulgou o conteúdo da terceira parte do Segredo (Wikipédia 2014).

Lúcia tornou-se freira de clausura carmelita e como irmã Lúcia, recebeu 3 visitas de um anjo para ela e para os primos. Entre Abril e Outubro de 1916, este anjo convidou-os a rezar e a pedir penitência. Jacinta morreu em 1919 e Francisco em 1920 por causa da gripe espanhola (entre 1918-1920), e mais tarde foram beatificados no dia 13 de Maio de 2000 pelo Papa João Paulo II. Lúcia viveu até 2005 (Wikipédia 2014).

Para assinalar o local das Aparições construiu-se um arco de madeira com uma cruz. A pequena árvore que aos poucos foi desaparecendo levada por peregrinos. Em 6 de Agosto de 1918, com as esmolas dos fiéis iniciou-se a construção de uma pequena capela em homenagem a Nossa Senhora, feita de pedra e cal coberta de telha com 3,30 metros de comprimento, 2,80 metros de largura e 2,85 metros de altura. Foi a primeira construção do atual recinto de oração (Junta de Freguesia de Fátima 2014).

A primeira cerimónia oficial do Bispo de Leiria ocorreu na Cova da Iria em 1927, o lançamento da primeira pedra da Basílica em 1928, a vinda ao Santuário do Papa Paulo VI, em Maio de 1967, as visitas do Papa João Paulo II em 1982, em 1991 e em 2000 aquando da Beatificação dos Pastorinhos Jacinta e Francisco Marto, mais recentemente, a construção da Igreja da Santíssima Trindade, inaugurada em Maio de 2007, e a transladação do corpo da Irmã Lúcia, do Convento Carmelita de Santa Teresa, em Coimbra, para a Basílica de Fátima, no dia 19 de Fevereiro de 2006.

Hoje o Santuário de Fátima acolhe em peregrinação e oração muitos milhares de pessoas vindas de todo o mundo. De Maio a Outubro, nos dias 13 de cada mês e durante todo o ano, cerca de seis milhões de peregrinos percorrem anualmente os caminhos de Fátima para estar mais perto do local onde três pequenos pastores – Jacinta, Francisco e Lúcia – afirmam ter visto a Virgem Maria (Junta de Freguesia de Fátima 2014).

A construção do santuário de Fátima, assim como todas as ordens religiosas trouxeram um grande desenvolvimento para a freguesia de Fátima e toda a região envolvente. Fátima passou de vila a cidade a 12 de Julho de 1997. Fátima é hoje por muitos considerada como o Altar do Mundo, centro de culto Mariano onde acorrem milhões de peregrinos movidos pela maior força do mundo: a fé (Wikipédia 2014).

2.1.3 LUGAR DE ALJUSTREL

Aljustrel fica a cerca de 2 Km de Fátima, é uma das aldeias mais antigas da freguesia de Fátima, tendo adquirido particular importância a partir de 1917, pois aqui nasceram e passaram a infância Lúcia, Jacinta e Francisco de 10, 9 e 7 anos, respetivamente, as três crianças, a quem Nossa Senhora apareceu.

No princípio do século era um pequeno lugar constituído por 25 famílias, cerca de 100 habitantes, que viviam do trabalho do campo e da pastorícia.

Dois quilómetros a Oeste de Fátima, estende-se a Cova da Iria, o lugar onde Nossa Senhora apareceu cinco vezes aos videntes, pela primeira vez a 13 de Maio de 1917. Quando apascentavam um rebanho na Cova da Iria. Lúcia de Jesus, Francisco e Jacinta Marto, avistaram sobre uma azinheira uma luz envolvendo uma Senhora que lhes falou pedindo-lhes para rezarem e convidando-os a voltar nos meses seguintes. Para ocidente, próximo de Aljustrel, numa colina onde prevalece o cultivo das oliveiras, ergue-se a Loca do Cabeço, minúsculo aglomerado de rochas onde, uma vez na Primavera e outra no Outono de 1916, o Anjo apareceu aos três Pastorinhos.

Entre Aljustrel e a Loca do Cabeço, num pequeno vale chamado Valinhos, encontramos o local onde a Virgem apareceu aos três Pastorinhos, a 19 de Agosto de 1917.

Por se localizar no Maciço Calcário Estremenho (da Era do Cársico), nos contrafortes da Serra de Aire, o solo é muito rochoso e não retém muita água.

O seu clima é caracterizado por alta pluviosidade (cerca de 1.400 mm de média anual), com verões quentes e secos.

As formações das Serras de Aire e Candeeiros conferem-lhe uma paisagem árida, um solo rochoso e calcário onde só a azinheira, o carvalho português, o medronheiro, o sanguinho ou zanguinho, a figueira e a oliveira, conseguem resistir às condições adversas que o clima e território apresentam.

Existe o regime de minifúndio (cerrado) – courelas delimitadas por paredes de pedra solta. Podem ver-se ainda outras formações naturais, típicas da região: dolinas, uvalas, polje (Polje de Minde - Mata).

A sua estrutura tipicamente cársica determina a existência de algares, grutas com estalactites e estalagmites, bem assim como campos de lapiez.

Atualmente, as principais fontes de riqueza são o turismo, a indústria hotelaria, o comércio, as empresas transformadoras (como a extração de pedra), construção civil, alguma agricultura e a criação pecuária (ovina e caprina) (Rota do Peregrino s.d.).

2.2 EVOLUÇÃO DO NÚCLEO URBANO DE ALJUSTREL

A aldeia de Aljustrel foi o local de nascimento dos videntes de Fátima. A pressão originada por este facto, transformou a aldeia num lugar incaracterístico. Nos últimos tempos a povoação transformou-se e da aldeia pacata já pouco resta. O movimento de pastores e camponeses passa despercebido pois o turismo e o comércio dos mais variados artigos para além dos religiosos, tomou conta de Aljustrel. A pressão originada pelo seu potencial comercial, enquanto polo gerador de visitantes, transformou a aldeia rural de Aljustrel num lugar incaracterístico, onde novo e antigo se misturam sem regra ou critério, numa coleção desarticulada de situações, em que o comércio se sobrepõe a tudo.

A matriz da aldeia persiste, sobrevive e deve ser conservada, embora se deva assumir, em termos de opções urbanísticas, que a aldeia não é mais agrícola, mas sim espaço de comércio e alguma habitação (Figura 2.3).



Figura 2.3 – Evolução do aglomerado de Aljustrel (Ribeiro 2006)

A envolvente à aldeia é um território com uma ocupação desordenada e dispersa, no entanto é este “isolamento”, que permite a continuidade de Aljustrel, sem esta separação da envolvente construída irá ligar-se aos lugares existentes à sua volta, passando a fazer parte de um contínuo de construção, e perdendo a sua identidade. Aljustrel preserva ainda uma escala modesta e uma linguagem simples adequada ao ambiente de aldeia.

Em Aljustrel, há basicamente dois modelos de ocupação tradicional: a construção confinante com a rua e a construção recuada com logradouro à frente, limitado por um muro a meia altura onde os pátios que outrora eram rurais e com fins agrícolas, hoje encontram-se mais destinados a fins comerciais.

Ao percorrer Aljustrel, a evolução comercial é evidente, no entanto algumas atitudes de intervenção são alarmantes por não terem sido pensadas em concordância, relação espaço público com privado (Figura 2.4).



Figura 2.4 – Intervenção num edifício privado sem coerência com o espaço público (Ribeiro 2006)

Há também casos de sucesso onde a procura de melhores condições de habitabilidade e de dignidade é compatível com o respeito pelos modelos e formas tradicionais, sem necessidade de intervenções descaracterizadoras (Figura 2.5).



Figura 2.5 – Preservação integral do existente (Ribeiro 2006)

A dimensão reduzida do lugar leva a que não haja áreas disponíveis para nova construção, assim tem que se pensar caso a caso para que cada pedido de licenciamento de construções para o núcleo da aldeia, para que cada nova intervenção seja mais uma peça que se integra de forma harmoniosa no conjunto do aglomerado.

2.2.1 CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA

Conforme descrito no livro Aljustrel – Uma Aldeia de Fátima, o Passado e o Presente, o casario de Aljustrel mostra, pela sua forma de construção ao longo do tempo, as características do meio ambiente e dos seus habitantes.

As características do solo, da vegetação e, fundamentalmente, do clima determinaram os materiais de construção e a forma da sua aplicação. As casas demonstram a capacidade do homem na sua defesa permanente face às condições exteriores impostas, dando continuidade e maior rendabilidade ao trabalho, numa sociedade agro-pastoril que se transforma, que se adapta, que cresce e que muda.

Tendo em atenção as particularidades tecnológicas e estéticas que estão interligadas às condições económicas e sociais, podemos, indicar três tipos distintos de edifícios: em primeiro lugar, casa de pedra à vista, em segundo lugar, casa de construção de pedra rebocada, e por último, casa de tijolo e betão armado.

2.2.1.1 CASAS DE PEDRA À VISTA

Neste primeiro tipo, por forma a estudar com maior clareza o seu conjunto, caracterizado pela alvenaria com pedra à vista que lhe confere uma peculiaridade própria da ruralidade local e da realidade vivida na aldeia, dividimo-lo, em função da forma das entradas principais das casas e da existência ou não de telheiros, em seis subtipos (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993). Assim referidos:

- ✓ Casas com uma entrada em arco de volta perfeita
- ✓ Casas com alpendre de lajes
- ✓ Casas com alpendre de telha
- ✓ Casas com alpendre de pial
- ✓ Casas sem alpendre com piso superior
- ✓ Uma construção particular – o poço coberto

2.2.1.2 CASAS COM ARCO DE VOLTA PERFEITA

As casas com arco de volta perfeita também designado por “arco de volta inteira ou arco semicircular” existem em número reduzido em Aljustrel e encontram-se com certa frequência em várias povoações vizinhas.

De um modo geral, estão degradadas tendo acompanhado o abandono da vida agro-pastoril.

São representativas da tecnologia de construção pré-romana. O levantamento das paredes era feito com pedras irregulares que se adaptavam umas às outras e se ligavam com argamassa. As pedras na sua superfície exterior ou paramento, eram aparelhadas de forma a mostrarem uma menor irregularidade e, simultaneamente, terem um menor desgaste provocado pelas condições atmosféricas (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.6 – Antiga casa com arco em estado de ruínas



Figura 2.7 – Casa de arco com as juntas argamassadas

A argamassa era feita de areia vermelha, arrancada na charneca, e de cal de pedra cozida que endurecia com o tempo e consolidava a edificação.

As aberturas que davam lugar às portas e janelas (postigos e janelas pequenas) tinham as ombreiras e as padieiras em pedra trabalhada. Estas, eram peças normalmente únicas. Devidamente aparelhadas e, quando compridas como no caso das portas, reforçavam-se por arcos com a forma dos “arcos de descarga”. Feitas de várias lajes de dimensões regulares ou só por duas – neste caso, colocadas em posição angular – distribuíam o peso da alvenaria superior e evitavam a quebra das padieiras. Em alguns casos, encontramos o reforço superior feito com outra pedra, de formato semelhante mas de comprimento inferior ao da padieira, que se apoiava lateralmente em duas pedras regulares colocadas sobre as ombreiras e faziam um vão que servia de respiradouro (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.8 – Pormenor do reforço da verga de porta



Figura 2.9 – Pormenor do reforço da verga de janela em arco

Esta tecnologia é muito antiga e encontra-se com facilidade em locais que serviram de fixação ou passagem aos Romanos. As ombreiras, quando não tinham uma só peça, eram feitas de pedras escolhidas entre as menos irregulares ou melhor paramentadas que se encaixavam, com maior precisão, nos seus “leitos”. Deste modo, não tinham necessidade

de argamassa nas superfícies de junção e suportavam o peso da parede com maior firmeza. As padieiras, por sua vez, entravam em maior profundidade na alvenaria das paredes e consolidavam a resistência (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.10 – Janela existente na Casa-Museu (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

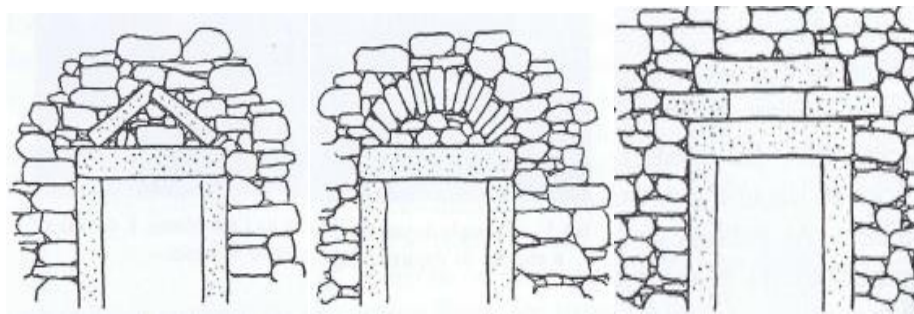


Figura 2.11 – Tipologias de reforço (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

A alvenaria das esquinas das paredes fazia-se segundo a mesma técnica. Eram escolhidas, neste caso, as pedras de maior volume e regularidade e havia o cuidado de as assentar nos leitos de maior dimensão, de modo a que os seus comprimentos fossem, alternadamente, descontínuos. Assim, obtinham maior estabilidade na construção, uma maior aderência na alvenaria das paredes, além de uma menor erosão face aos ventos e temporais. Os arcos de volta perfeita, também de tecnologia pré-romana, como já foi referido, são indicadores precisos das entradas para os palheiros e estábulos onde se guardavam os carros, as alfaías agrícolas e pernoitavam os bois, após o trabalho (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

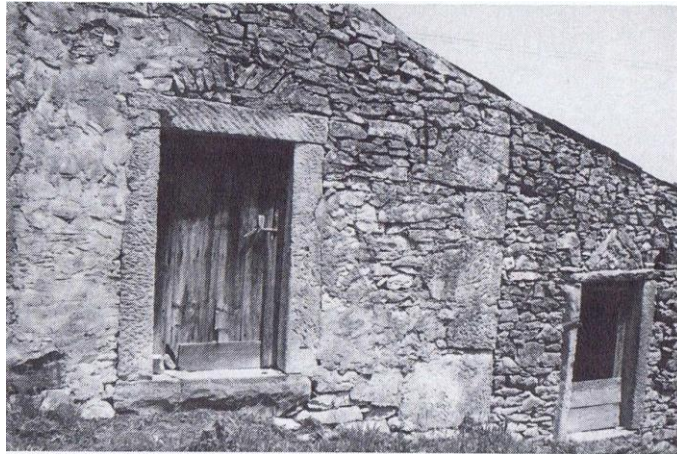


Figura 2.12 – Reforço superior das padieiras (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

A porta à esquerda da fotografia possui o “arco de descarga” e a da direita tem duas lajes colocadas em posição angular com os lados apoiados nas ombreiras.



Figura 2.13 – Vão com verga em arco

As portas e janelas de madeira eram feitas de tábuas onde se pregavam transversalmente ripas grossas que as seguravam e uniam. Corriam em gonzos de ferro ou nos prolongamentos da última tábuia, junto à ombreira, e entravam em concavidades abertas nas padieiras e soleiras (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

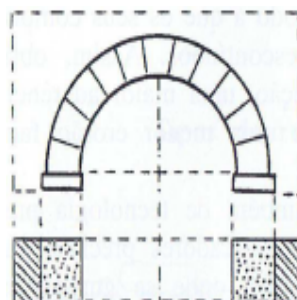


Figura 2.14 – Projeto de arco de volta perfeita (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

Eram trancadas por aldrabas e fechaduras de madeira reforçadas e, em algumas casas, com trancas apoiadas a rebordos ou a covas feitas nas ombreiras, do lado interior, ou ainda, noutros casos, colocadas contra as portas e fixadas ao chão (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

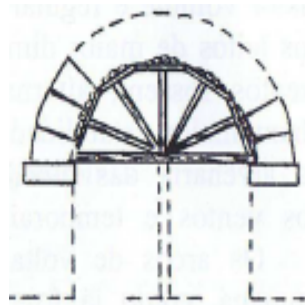


Figura 2.15 – Madeiramento (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

A figura anterior exemplifica a armação em madeira para sustentação das pedras laterais até ser colocada a pedra do topo. Logo que estivesse colocada esta pedra, ou fecho, podia construir-se o resto da parede. O peso desta distribuía-se por todo o arco apertando as pedras, em forma de cunha, e a armação podia ser retirada (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.16 – Arco com parede envolvente (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)



Figura 2.17 – Portal com gonzos de ferro (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

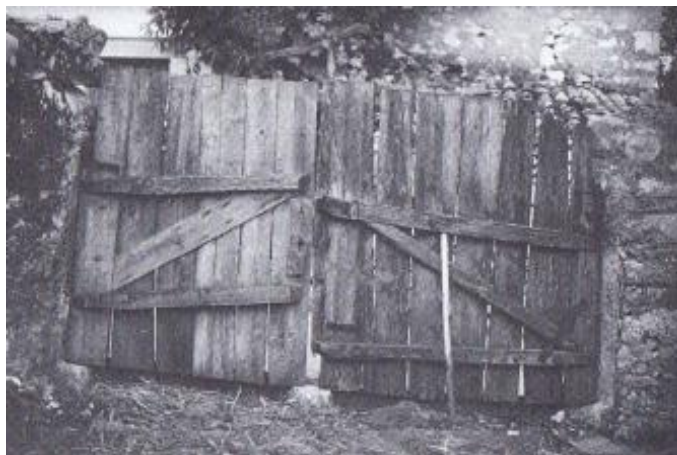


Figura 2.18 – Fecho interior de madeira (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

O vigamento dos telhados era construído com troncos de árvores, escolhidos pelo seu aprumo e grossura semelhante, travejados com troncos mais finos onde assentavam as telhas de canudo (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.19 – Madeiramento da cobertura (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

Os telhados eram sempre de duas águas com beiral e não tinham forro nem chaminé.



Figura 2.20 – Telhado de duas águas e parede arredondada com vários postigos. A janela larga foi aberta sobre a original e ainda mantém um respiradouro

A entrada deste tipo de casa, de arco de volta perfeita, situava-se sempre no lado direito da parede, a mais indicada para a manobra dos carros de bois porque os animais eram agarrados com a mão esquerda, ficando a direita livre para o uso da vara. Na parte lateral esquerda tinham sempre um piso superior que era utilizado para palheiro onde, muitas vezes, dormiam os rapazes que cuidavam dos animais de trabalho e, devido à falta de espaço na casa, cediam os quartos às irmãs. O piso inferior usava-se para resguardar, recolher ou tapar os animais e o piso térreo, em cuja entrada existe o “arco”, servia para guardar os carros de bois das chuvas e do sol, evitando o seu enferrujamento e envelhecimento (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.21 – Suportes do soalho do piso superior (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

Na aldeia, ainda existem dois exemplos muito significativos deste tipo de casas que diferem, contudo, quanto aos acessos interiores e exteriores.



Figura 2.22 – Vigamento feito com troncos (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)



Figura 2.23 – Espaços interiores de uma das casas



Figura 2.24 – Um forno visto de perto (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

2.2.1.3 CASAS COM ALPENDRE DE LAJES

As paredes eram feitas com alvenaria de pedra e argamassa ordinária, semelhante à descrita anteriormente. Tinham postigos pequenos e as portas eram protegidas do sol e da chuva por alpendres feitos com lajes arrancadas na zona dos Chões, local perto de Aljustrel, onde os habitantes as iam buscar. Esta pedra era mais forte e dura e rasgava-se na rocha com facilidade durante a extração, sendo diferente da pedra do Moimento.

Estas casas podiam, ocasionalmente, ter pátios frontais, onde se abrigavam os animais.

Os telhados eram feitos de telha de canudo e não tinham forro, nem mesmo os quartos de dormir, o que os tornava muito quentes no Verão e frios no Inverno. A maior parte das casas, em vez de chaminés tinham os chamados “respiradouros”.

O respiradouro, era o local escurecido do telhado por onde saía o fumo através dos intervalos das telhas e que, durante a época seca e menos ventosa, podia ser alargado com

o desvio de uma delas. Todo este tipo de construção, usado para habitação, tinha uma distribuição espacial interior muito simples. Consistia numa cozinha, à entrada e um ou dois quartos separados por tabiques, feitos com tábuas toscas.

Este tipo de casas tinha duas formas de alpendres. O mais simples, era feito com duas lajes de grandes dimensões colocadas em posição angular, cada uma com um dos topos enterrado no solo, fixado pelo seu peso, e outro apoiado na outra laje equilibrando-se e formando a cobertura. Esta tinha uma altura reduzida e obrigava a que os seus habitantes se baixassem para entrar ou sair da casa, já de si tetos baixos (Figura 2.25) (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

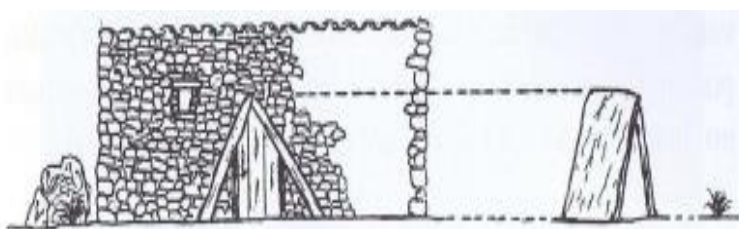


Figura 2.25 – Casa alpendrada com duas lajes colocadas em posição angular que se encostavam à parede (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

Outro tipo de alpendre, um pouco mais alto, era formado por várias lajes embicadas que assentavam num vigamento suportado por colunas talhadas na mesma pedra e que permitiam um maior espaçamento na entrada (Figura 2.26).

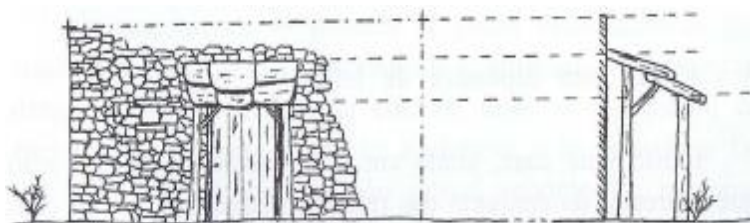


Figura 2.26 – Casa alpendrada com teto de lajes embicadas, assentes em colunas talhadas na pedra do Moimento ou das lajes dos Chões. Construção mais recente relativamente à anterior (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

O seu interior, com telha-vã em toda a área “eram más casas, porque quando vinham as chuvas fortes chovia lá dentro”.

Existiam várias casas com estes alpendres no século passado, mas o início da sua construção é anterior, “vem do tempo dos avós dos avós”.

Existiam também telheiros, neste tipo de casas, formados por uma única laje que entrava na parede e era suportada no lado exterior por duas colunas de pedra (Figura 2.27) (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

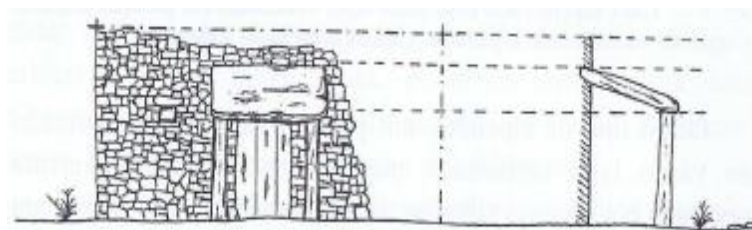


Figura 2.27 – Casa alpendrada com laje única (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

2.2.1.4 CASAS COM ALPENDRE DE TELHA

Existe uma casa, ainda em bom estado de conservação que sobressai do conjunto das restantes habitações por se confundir com um simples muro. À primeira vista é um muro rasgado por porta e por um portal largo, que dá para um pátio com vários telheiros. Contudo, no lado direito de quem entra, existe uma casa de habitação cuja porta está protegida por um telheiro baixo e cujas janelas dão para o seu interior. Estão colocadas na direção Sudeste, a mais voltada ao Sol, tal como todas as aberturas das casas antigas da aldeia. Esta cresceu com maior densidade, do lado direito do carreiro, de costas voltadas para Noroeste, o lado mais açoitado pelas chuvas e ventos frios do Inverno (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.28 – A parede da casa que se confunde com um muro (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

No seu interior as paredes de pedra estão cobertas por argamassa fina, caiada, que esconde a grossura da construção denunciada pelos nichos da cozinha onde se colocavam os apetrechos. A lareira, onde se cozinhava e se aquecia a família do frio das noites, não possui rebordo no madeiramento que suporta a chaminé, o que prova a antiguidade da sua construção. O telhado é encimado por uma chaminé retangular, construída em argamassa forte, com colunas de pedra que sustentam a cobertura que evita a entrada da chuva e aumenta a tiragem do fumo.

Só a cozinha está separada das outras salas por uma parede de pedra rebocada dos dois lados. A sala contígua, onde se arrumavam as arcas, rouba o espaço aos quartos minúsculos que são iluminados por uma janela que deixa ver as figueiras dos pátios, a pia de grandes dimensões talhada em bloco único na pedra do Moimento, o local do chiqueiro e dos animais de criação que escondia o sanitário rudimentar.

O quarto interior tem uma luminosidade fraca, mesmo nos dias solarengos. A luz natural vem-lhe do quarto contíguo que tem janela para o exterior, através de um janelo aberto na parede que os separa. Este janelo, tinha algumas vantagens: tornava o ambiente mais recolhido durante as intempéries e, à noite, permitia que se iluminassem os dois quartos com uma única lamparina de azeite. Os quartos são divididos entre si e separados da sala de entrada por taipas ou paredes de barro suportado pelos enxaiméis, formados de tábuas finas ou canas entrecruzadas como se fossem obra de cestaria, e que constituíam a estrutura interior de taipa que endurecia com o passar do tempo. Estas paredes são delgadas e com uma espessura que anda à volta de um quinto relativamente às da cozinha.

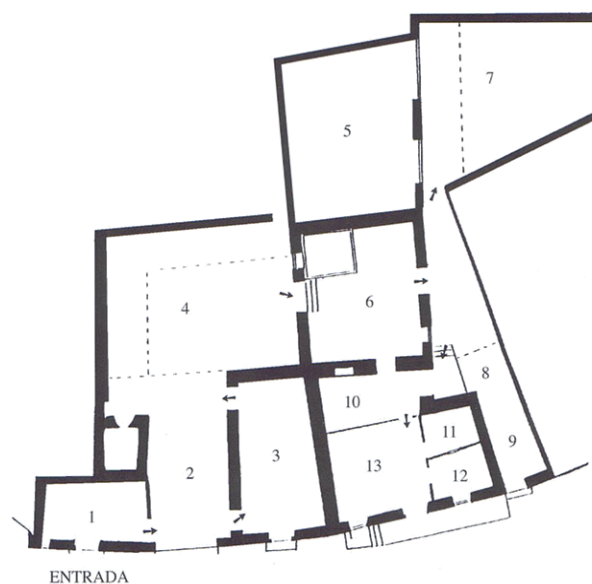
O teto desta casa era de telha-vã na cozinha e forrado nos quartos, no entanto, em algumas casas semelhantes era todo de telha-vã.

Embora térrea, tem dois degraus na parte frontal para corrigir o desnivelamento do solo, o que permite uma maior visibilidade sobre os pátios e possibilita o controlo visual sobre as capoeiras e os restantes animais.

A higiene individual era reduzida e extremamente simplificada. A água era pouca e os produtos para limpeza limitavam-se praticamente ao sabão. A conservação das paredes que dão para os pátios, passava pela aplicação anual de cal que branqueava o reboco e contrastava com as pedras do muro voltadas para caminho.

Outras casas, como a atual Casa-Museu, tinham um portal mais largo, retangular, que permitia com facilidade a entrada dos carros de bois (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

CIRCUITO MUSEOLÓGICO



- 1 — Acolhimento
- 2 — Alpendrada
- 3 — Ofícios:
 - Sapateiro
 - Costureira
 - Serrador
 - Carpinteiro
 - Tecedeira
- 4 — Pátio:
 - Forno do pão
 - Eira
 - Arrumo de moínho
 - Lavoura
- 5 — Exposição do Traje
- 6 — Adega e Cómodos
- 7 — Ferreiro e ferrador
- 8 — Arrumo do cabouqueiro e do pedreiro
- 9 — Curral
- 10 — Cozinha
- 11 — Quarto das raparigas
- 12 — Quarto do casal
- 13 — Casa-de-fora

Figura 2.29 – Casa de habitação e lavoura – Atual Casa-Museu

As casas mais abastadas possuíam cisternas dentro dos muros, afastadas do local onde se guardavam os animais. O processo de construção das cisternas era semelhante ao utilizado no Oriente.

Destinavam-se a recolher a água das chuvas com o fim de constituírem reservas para consumo dos habitantes e dos animais.

O volume de água recolhido dependia, fundamentalmente, do seu escoamento pelos telhados até às caleiras que a conduziam à cisterna e, em poucos casos, do escoamento canalizado através de formações rochosas naturais (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.30 – Caleiras para condução de água da chuva - Casa-Museu



Figura 2.31 – Telheiros interiores - Casa-Museu (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

As paredes estruturais do poço, constituídas com pedras mais ou menos adaptáveis às suas superfícies, eram ligadas por uma argamassa fina, sendo, por último, forradas com barro que, depois de seco, vedava a água depositada e a conservava limpa das impurezas da terra. Todas as cisternas ficavam tapadas com lajes, arrancadas para o efeito na zona dos Chões, onde se rasgava uma única abertura com pouco mais do que a medida de um balde (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.32 – Cisterna (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

A oxigenação da água era ocasionada pelo cair do próprio balde e a sua limpeza e conservação ainda hoje é feita por pequenos peixes, de cor acinzentada, que se colocam, para o efeito, no seu interior. No fim do Verão, quando havia pouca água nas cisternas, costumavam limpá-las das impurezas depositadas retirando previamente os peixes.

A pedra utilizada para a construção das paredes é vulgar, encontra-se ainda misturada nos terrenos de cultivo e constitui um problema para o arado. A que é aparelhada, mesmo a mais tosca e que exigia um comprimento razoável para as portas e janelas, extraíam-na da pedreira do Moimento que fica perto, ou da zona do Chões localizada do outro lado da estrada principal, defronte da aldeia, sensivelmente a 2 Km de distância. Esta é retirada em “lascas” e por isso aproveitada pela sua dimensão para tapar as aberturas das cisternas e para os telheiros.

O corte da pedra dos Chões fazia-se pela pressão de cunhas que se colocavam, longitudinalmente, a uma altura correspondente à espessura pretendida. Previamente, os cabouqueiros abriam um sulco fundo que marcava a largura e o comprimento. Seguidamente, com pancadas cadenciadas nas várias cunhas, as pedras rasgavam-se em lascas onde se retiravam as lajes com as dimensões mais ou menos pretendidas. As pias para água do gado, os reservatórios ao ar livre e algumas talhas usadas para o azeite eram feitas na pedra do Moimento, fácil de trabalhar.

A construção das paredes é caracterizada pela alvenaria grosseira que liga os fragmentos de pedra, irregulares e sem reboco. A pedra calcária utilizada tinha uma porosidade que permitia a absorção da humidade aumentada pela cal de argamassa, isolava a temperatura exterior no Verão, mas tornava-se difícil de suportar no Inverno (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

Na verdade, a condutibilidade do frio na pedra e a permeabilidade da argamassa tornavam as casas húmidas, agravando o frio que entrava pela telha-vã.

As madeiras necessárias eram retiradas das árvores dos bosques mais próximos que, nessa altura, existiam por toda a região.

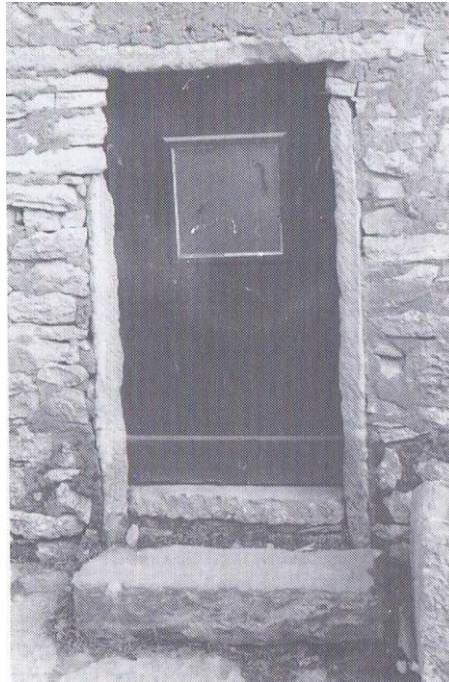


Figura 2.33 – Lajes dos Chões (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

2.2.1.5 CASAS COM “ALPENDRE DE PIAL”*

A entrada para o alpendre tinha a largura de uma porta e, à altura da cintura de um homem, abria-se para os dois lados, para logo depois ter a configuração de um “T” desenhado na zona de sombra. Era suportado por um tronco apumado, colocado transversalmente como viga forte que, nos topos, entrava nas paredes laterais e dava sustentação para aguentar o peso do telhado. O alpendre não ficava fora da casa, estava dentro dela e debaixo do mesmo telhado.

A sua construção era motivada pelo facto de se encontrar, simultaneamente, um resguardo para as intempéries, um abrigo para o calor e uma abertura que permitia, nos dias soalheiros do Inverno, a entrada de mais luz e sol (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

(*) Designação popular para o termo poial (depor, colocar) por analogia entre a parede exterior do telheiro e os bancos das janelas dos poços cobertos, os bancos de algumas casas de habitação e, ainda, os poiais das cozinhas onde se pousavam os cântaros de água.

Tudo leva a crer que este tipo de casas é dos mais antigos da região.



Figura 2.34 – Reprodução de fotografia, 1950 (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

A disposição interior destas casas era semelhante e dependia da sua área. Quase todas possuíam uma casa-de-fora, uma cozinha e um ou dois quartos. As maiores tinham chaminé retangular e nas outras era usado o respiradouro.

A simplicidade das suas linhas e largura dos seus alpendres conferiam-lhes uma beleza muito peculiar que, no seu conjunto depois de terem começado a aplicar os rebocos caiados, davam um aspeto airoso à aldeia (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

2.2.1.6 CASA SEM ALPENDRE COM PISO SUPERIOR

A tecnologia empregue é muito simples e, pela primeira vez, encontramos algumas padieiras das portas sem reforço superior.

A inclinação do terreno, a sua falta de consistência e a instabilidade das fundações, feitas de pedra solta, provocavam na falta do referido reforço, a quebra da das padieiras e soleiras. Todo o telhado é de telha-vã (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

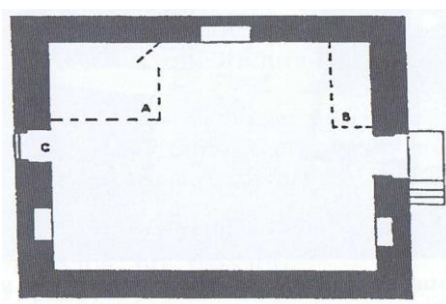


Figura 2.35 – Piso superior – Habitação (Escala:1/150)

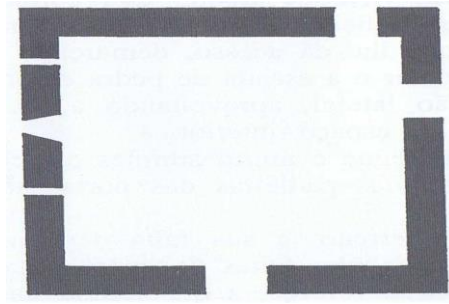


Figura 2.36 – Piso inferior – Cómodos (Escala:1/150)

Atendendo à racionalização do crescimento dos novos espaços cobertos, podem inferir que a casa foi, gradualmente, abandonada sem ter sofrido alterações no seu interior. É nos permitido, portanto, visualizar a distribuição espacial interior usada no passado.

O piso superior era a zona de habitação da família. É o local onde se encontra a lareira e um tabique, ainda de pé, ao lado direito de quem entra, delimitando um espaço recolhido que era o quarto do casal. O restante espaço seria ocupado pelas filhas que aí poderiam fazer as suas camas, porque os rapazes, dormiam no palheiro (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.37 – A parte frontal da casa (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

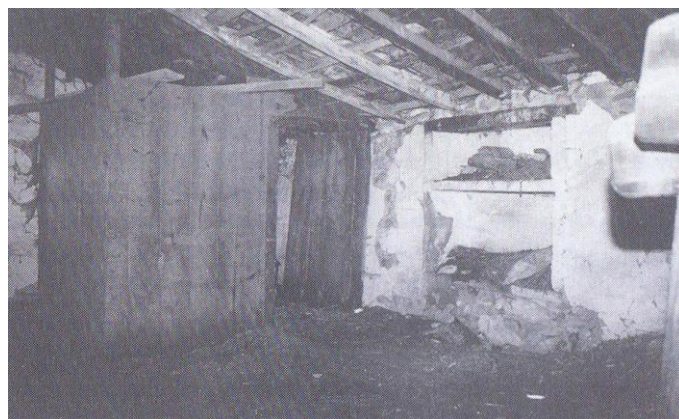


Figura 2.38 – O tabique entre a janela e o nicho (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

O telheiro em tudo semelhante ao da Casa-Museu, tinha como vantagem a maior proteção do seu interior, face aos ventos e chuvas que o fustigassem pelos lados abertos. Sensivelmente a meio do telheiro e a menos de meia altura, existe um sobrado para recolha e armazenamento do feno conhecido por sôtão da palha.

Em frente da estrutura da porta que forra as paredes espessas existe uma janela, relativamente larga, com dois bancos pequenos encrustados na parede, abaixo do vão e com as costas formadas pelas ombreiras. Era um local agradável onde normalmente se colocavam os cântaros de água no pino do Verão, arrefecidos pela brisa refrescante provocada pela corrente de ar que vinha da porta (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

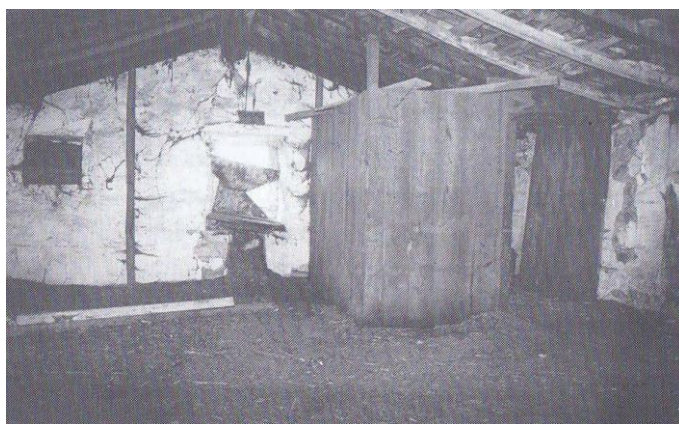


Figura 2.39 – Janela parcialmente tapada (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

A lareira ocupa quase toda a parede ao lado do vão e o vigamento de suporte da chaminé assenta sobre uma laje que é a única zona de pedra do piso superior. Era à volta deste local que se reunia a família na confraternização da ceia, no calor das achas ou à luz das chamas (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

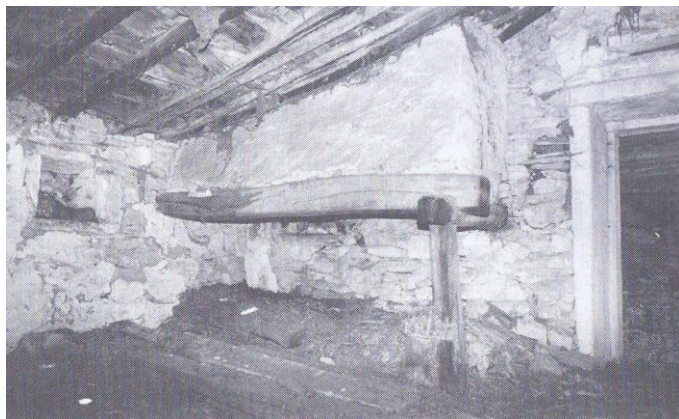


Figura 2.40 – A lareira (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)



Figura 2.41 – Ao fundo da porta da velha casa, a Sra. Maria de Jesus (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

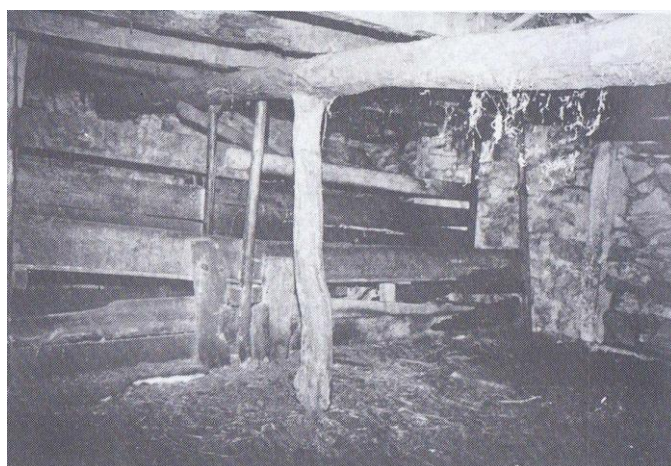


Figura 2.42 – A localização da porta observa-se pela diferença da disposição das pedras entre o perfil da ombreira (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

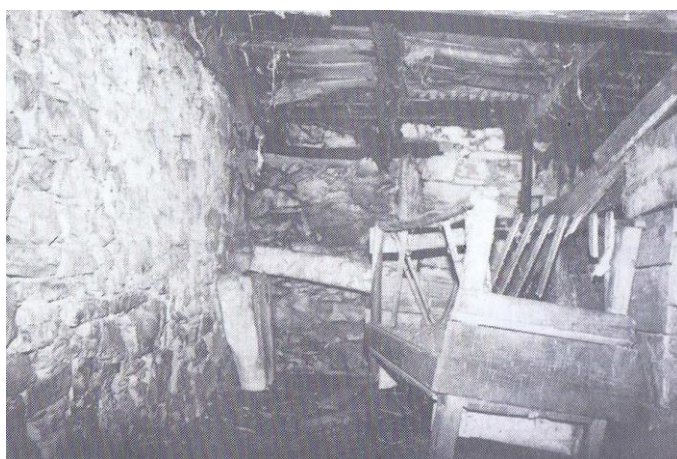


Figura 2.43 – Uma manjedoura de pedra, semiencoberta pela de madeira (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

2.2.1.7 UMA CONSTRUÇÃO PARTICULAR – O POÇO COBERTO

A designação de poço não corresponde à realidade porque se trata de um reservatório de água da chuva e deriva do facto de, raramente, se ter visto esgotada a água aí armazenada, tal como na maior parte dos poços de outros locais que colhem veios de nascente no interior do solo (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.44 – Aspeto da frontaria de um poço coberto (Casa Velha) (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

Os poços cobertos são construções que, pelas suas linhas exteriores, quando vistas de longe, se assemelham a casas de habitação, sem chaminé. A falta de janelas laterais, a existência das telhas de canudo que formam o telhado de duas abas, o feitio retangular das paredes que estão sob as abas e descobre-se a janela, relativamente ampla, a única entrada para o seu interior.

Em todos eles as janelas marcam as frontarias da construção. Estão ligeiramente abrigadas do tempo por uma alpendrada estreita, que tende a assemelhar-se pela forma ao “alpendre de pial”, neste caso sob o ângulo formado pelas duas abas do telhado e que difere na localização, utilização e pequenez.

A altura e dimensão dos bancos permitia o seu uso para colocação dos cântaros, a encher de água com o balde de recolha, ou para descanso e cavaqueira na frescura do lugar (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.45 – Poço coberto – Casa dos Videntes



Figura 2.46 – Frontaria de um poço coberto (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

Este poço ou cisterna tem duas partes distintas que se podem designar por reservatório e cobertura. O reservatório tem paredes de grande espessura e ocupa uma área que lhe confere a forma de tanque vulgar, mais ou menos retangular. O revestimento da alvenaria das paredes interiores era feito com muito cuidado, porque a estanquicidade era condição fundamental para a retenção da água (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

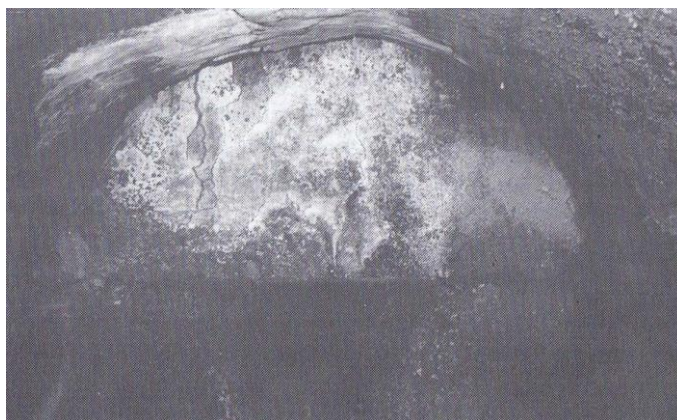


Figura 2.47 – Aspeto interior do poço (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

Toda a solidez da estrutura transmite o cuidado posto da sua construção evitando, assim, o perigo de fendas ocasionadas pelo peso do volume de água armazenado.

Depois do tanque estar concluído eram montados os madeiramentos em moldes de arcos de volta perfeita, iguais aos utilizados para a construção das portas em arco, em número que variava com o comprimento do reservatório.

Estes madeiramentos fixavam-se com tábuas grossas e compridas, colocadas paralelamente umas às outras, que depois de taparem completamente o tanque formavam o molde para a construção de teto abobadado.

A execução da abóbada tinha necessidade de cuidados em tudo semelhante s aos das portas em arco de volta perfeita.

As pedras eram escolhidas pela dimensão e regularidade e serviam como aduelas. Colocavam-se as juntas ou superfícies de contacto de forma a ficarem fixas umas nas outras e a acompanharem a inclinação dada pelo molde. O nascimento da abóbada dava-se dos dois lados do mesmo e, a última pedra a ser posta era a do ponto mais elevado, a que fechava a abóbada ou arco e, por isso, denominada por “fecho” ou “chave”.

Depois da cisterna ter a abóbada forrada com argamassa fina, com maior precisão pelo intradorso, enchiam o extradorso com pedras e pedaços de barro até ficar com configuração de duas abas planas que eram cobertas com telhas de canudo.

Finalmente, observam e conferiam o estado das paredes interiores que depois de remendadas em alguns locais, eram limpas e caiadas ficando prontas para receber a água (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

2.2.1.8 CASAS DE PEDRA COM REBOCO

Neste tipo de construção considera-se dois subtipos, de acordo com a forma das chaminés e foram tomados em consideração os alpendres e os telhados. Estes correspondem à evolução tecnológica e arquitetónica e estão diretamente relacionadas com a temporalidade dos edifícios. Assim o primeiro subtipo é caracterizado pelas chaminés retangulares e, o segundo, pelas chaminés cilíndricas (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

Primeiro subtipo

A alvenaria é igualmente em pedra. Difere, de imediato, no seu aspeto exterior pelo reboco executado com argamassa mais fina, feita com os mesmos materiais.

O conjunto exterior passa a ser menos rude com a brancura das paredes caiadas que refletem o calor do Verão e escorrem a água das chuvas e do orvalho nas noites frias e húmidas (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.48 – Casa de R/C sem alpendre (1928) (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

As casas tornam-se mais saudáveis do que as anteriores. A bicharada evita o contacto com a cal não se fixando com a mesma facilidade como nas paredes irregulares.

As janelas, os janelos e as portas tem molduras de pedra bem trabalhadas e não se encontraram indícios do reforço das padieiras superiores.

Deixam de ter aberturas com a forma de arco de volta perfeita, característica específica da entrada para o palheiro, e as portas das casas dão diretamente para o exterior.

Os telhados são de duas águas e em telha de canudo, possuem beirais no fim das abas, onde, noutros tempos, se colocavam as caleiras, em grande parte feitas de troncos escavados, que encaminhavam a água das chuvas até às cisternas.

Existem casas de um só piso, as vulgarmente chamadas térreas, cuja diferença entre si está na localização da porta da entrada principal. Em qualquer delas existia uma preocupação estética que esteve na origem da escolha da forma. Esta era determinada pelo aproveitamento da disposição do terreno e pela proximidade do caminho.

Um exemplo fácil de observar por estar aberto ao público e por ser o mais significativo tanto pela simplicidade como pelo seu simbolismo, é a casa da vidente Lúcia, onde a porta da parede do topo, a que não tem beirais, dá ligação à cozinha onde crepitava o lume na

lareira, e a outra porta lateral, junto à estrada, dá entrada para a casa de fora (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.49 – Casa da vidente Lúcia

Os telhados têm vigamentos feitos com troncos de árvores, escolhidos entre os mais uniformes, onde assentam as ripas que suportam as telhas de canudo. Enquanto os quartos e a casa-de-fora podiam ter forro, o que acontecia muito raramente, a cozinha nunca o possuía (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.50 – Fachada principal de casa térrea rebocada e caiada

Este tipo de habitação, comum a quase todas as aldeias do país, tem os quartos divididos por taipas onde a caiação, feita anualmente durante o tempo seco, aumenta a luminosidade interior e a salubridade. Algumas das casas mais abastadas possuíam um piso superior que se destinava a habitação, reservando-se o rés-do-chão para armazenamento de cereais, adega, depósito de víveres (talhas de azeitonas e do azeite, salgadeira...) e arrumo de alfaías agrícolas (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

Os telheiros são suportados por pedras alongadas, toscas ou mal aparelhadas, que tomam a função de estacas de suporte.

Existe uma casa, cujo pormenor de caracterização é o telhado de quatro águas e o alpendre telhado. A oralidade popular diz ter sido usada pelos Franceses, por ocasião das Invasões Francesas (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.51 – A "Casa dos Franceses", 1950 (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)



Figura 2.52 – A "Casa dos Franceses" na atualidade

Segundo subtipo

Caracterizam-se pelas chaminés altas, de secção circular encimadas por um guarda-vento em pedra trabalhada, onde os orifícios para a saída de fumo formam desenhos geométricos parecidos com os das chaminés algarvias. Substituem as anteriores com a vantagem de não deixarem cair pingos da chuva para o interior da casa e de possuírem uma maior tiragem do fumo (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.53 – Chaminé circular trabalhada (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)



Figura 2.54 – Casa com colunas de secção octogonal

As paredes das casas passam a ser mais coloridas. As paredes caiadas têm a partir do solo até cerca de meio metro de altura, ou pouco mais, uma faixa de cor azul ou amarela (soco) esta mais recente, que esconde a sujidade levantada do chão.



Figura 2.55 – Casa construída em 1944 (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

2.2.1.9 CASAS DE ALVENARIA EM TIJOLO E BETÃO ARMADO

Este tipo de casas surge pela necessidade de construir com rapidez, onde a morosidade da construção anterior já não tem lugar e se aceitam, por razões fundamentalmente económicas, as novas tecnologias da construção civil, que contrariam, na estética, as tradicionais.

Este tipo de construções, para melhor estudo, foi dividido em dois subtipos. O primeiro, está diretamente relacionado com a transformação da vida da aldeia e demonstra a passagem da atividade agrícola para atividade comercial de um modo repentino, onde as várias adaptações tinham que ser executadas por forma a acompanharem a mudança da vida económica. O segundo subtipo foi considerado tendo em atenção as influências de estilo importadas do exterior e que foram introduzidas nas casas de habitação (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).

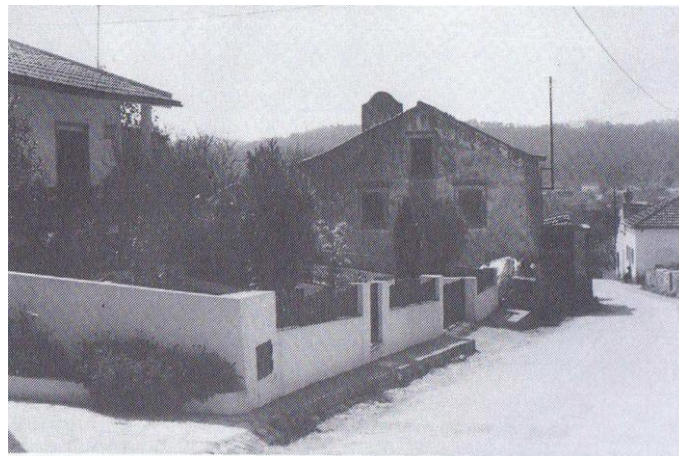


Figura 2.56 – Contraste de 100 anos (1886-1980) (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)

Primeiro subtipo

As primeiras casas a serem construídas ocuparam os pátios que estavam junto às casas de habitação.

Seguiram-se as casas sem passado, com janelas de alumínio tapadas com estores e com varandas envidraçadas quando para habitação, e, ao mesmo tempo, as de alpendres cimentados nas colunas e no chão, que protegem os objetos e produtos expostos para o comércio. Os telhados passaram a ser definitivamente forrados. As telhas adotadas são a lusa e a marselha. As chaminés compridas e estreitas, de forma retangular, são tapadas com lajes de cimento e fazem companhia às antenas de televisão, aos fios telefónicos e aos cabos condutores de eletricidade.

A harmonia estética da paisagem rural foi deteriorada com o aparecimento de vários edifícios de primeiro andar.

As novas técnicas de construção civil facilitaram a maior altura das casas motivada e justificada pelo aumento de preço dos terrenos (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.57 – Casa recente com telhas pretas (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993)



Figura 2.58 – Casa alvo de restauro recente

Segundo subtipo

É constituído por casas que pelo seu traçado exterior nada têm a ver com as que deram origem à aldeia e servem para habitação permanente ou temporária.

Possuem jardins com relva e flores que, em termos comparativos com o passado, substituem as figueiras e as ameixoeiras. Os muros são rebocados a cimento e ornados por gradeamentos de betão, ferro ou madeira. Os portões pintados que dão entrada aos automóveis substituíram as portas com os arcos de volta perfeita que serviam para os carros de bois e marcam, pelo contraste ainda visual, a mudança repentina.

Os estores e as cortinas coloridas das janelas largas omitem o passado, fazerem esquecer as portinholas de madeira que fechavam os janelos e eram característica, na construção e no resguardo, da vida anterior.

Podemos afirmar que a tipologia da construção sofreu transformações que foram, fundamentalmente, motivadas pelas necessidades criadas com a alteração de atividade económica e com a importação de novas técnicas (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.59 – Casa de habitação de construção recente

Por fim, é evidente a alteração da atividade laboral, totalmente voltada para o comércio e introdutora da tecnologia da construção atual, por imperativos económicos e temporais, criando, em contacto com o exterior, a receptividade às inovações.

As casas que ultimamente foram construídas em Aljustrel, são de dois pisos, sendo o piso inferior, na generalidade, destinado ao comércio e o piso superior para habitação (Abrantes, Pinto e Carvalho 1993).



Figura 2.60 – Conjunto de casas para habitação e comércio



Figura 2.61 – Casa de dois pisos para habitação, comércio e telheiro



Figura 2.62 – Casa de dois pisos para habitação e comércio

2.3 PLANEAMENTO URBANÍSTICO DE ALJUSTREL

Aljustrel foi, pela primeira vez, enquadrada num plano de ordenamento do território com o plano de urbanização de Fátima de 1995 (Fátima 2007).

Mesmo assim, esse plano impunha a elaboração de um plano de pormenor para esta unidade (Fátima 2007).

No artigo 42º do regulamento, remetendo para a elaboração do plano de pormenor, aponta desde logo algumas condições de ocupação do solo (Fátima 2007).

Refere que apenas serão permitidas novas construções desde que previstas em plano de pormenor aprovado (Fátima 2007).

As novas construções e as alterações das construções existentes, para além do que venha a ser estabelecido em plano de pormenor, deverão atender ao seguinte (Fátima 2007):

- ✓ Utilizar os materiais característicos da região, nomeadamente a pedra calcária, a madeira, a telha cerâmica;
- ✓ Quando utilizarem molduras nos vãos, as mesmas deverão ser de pedra calcária e ter uma largura entre os dez e os quinze centímetros;
- ✓ Terão, no máximo, dois pisos de altura;
- ✓ Terão um pé direito máximo de dois metros e meio;
- ✓ Poderão e deverão apresentar os alpendres ou espaços de transição, característicos da arquitetura popular da região;
- ✓ As construções deverão ser pintadas a cal branca. (Fátima 2007)

Logo após a publicação do Plano em 21 de Junho de 1995 e a sua entrada em vigor, avançou-se para a elaboração do plano de pormenor (Fátima 2007).

Durante o período que mediou a elaboração do mesmo, a Edilidade optou por uma maior contenção na tomada de decisões referentes aos projetos sedeados no local em análise, e, após a conclusão preliminar do plano, passou a socorrer-se, quando necessário, das propostas e recomendações nele constantes para se pronunciar sobre os pedidos (Fátima 2007).

Para o efeito fora criada uma Comissão de Acompanhamento constituída por várias entidades com assento local (designadamente a Câmara Municipal, a Junta de Freguesia de Fátima, o Santuário de Fátima e a ACISO), a qual reuniu algumas vezes no decorrer do processo, onde as várias sensibilidades para matérias específicas resultavam em contributos para a validação e reformulação das linhas propostas pela equipa responsável pelo estudo (Fátima 2007).

Por seu turno, foram realizados alguns inquéritos à população residente e, por conseguinte, alvo principal do P.P. visando auscultar os seus problemas e anseios, bem como identificar as lacunas e as necessidades mais prementes da povoação. Unâimes quanto à aposta num «turismo religioso e cultural», os inquiridos divergiam na eleição de prioridades, que passavam pela criação de espaços de lazer, de um parque automóvel, de melhores vias de acesso e de sinalização. Mas a área da construção superava as demais atenções, sob perspetivas nem sempre em sintonia, sendo que as principais inquietações assentavam no indeferimento de projetos de arquitetura e nas alegadas demoras na concessão de licenças de construção. Embora com menor expressão, alguns apelaram à recuperação dos edifícios antigos e reconheceram a necessidade de um documento de

regulação urbanística. Finalmente, houve quem exprimisse desejos de concílio difícil, como maiores facilidades de construção e um bom enquadramento paisagístico. Ainda assim, a quantidade limitada de inquéritos não permitiu um diagnóstico consolidado, como seria desejável (Fátima 2007).

Após várias revisões, a última versão do P.P. ficou concluída em 1997, tendo como grandes linhas de intervenção a criação de um parque de estacionamento (com sombras e iluminação), de um parque de merendas (delimitado com muros de pedra solta), de uma zona de estadia e de lazer (privilegiando as características naturais da mata mediterrânica), de um parque infantil no anfiteatro natural e de uma via pedonal empedrada com cubos de calcário. No domínio da construção delimitava as áreas viáveis e as interditas e indicava medidas favoráveis e restritivas. O documento foi submetido às apreciações de vários organismos, que emitiram, na sua maioria, pareceres parcialmente favoráveis, sucedendo-lhe a consulta pública e, por fim, a aprovação em Assembleia Municipal (Fátima 2007).

Faltava apenas a publicação em Diário da República para atuar legalmente como instrumento regulador da evolução da aldeia (Fátima 2007).

Todavia, no decurso das diversas apreciações, o P.P. não angariou consenso, nomeadamente por parte dos moradores, que seriam os principais visados, alegando a perda de áreas de construção. Na sua maioria não estavam dispostos a acatar os condicionamentos impostos pelo regulamento e não se reviam nele, pelo que, implicitamente, optaram pela continuidade do «crescimento espontâneo da aldeia», até que fosse elaborado um documento com maior sentido de identidade, no qual reconhecessem simultaneamente a garantia coletiva e os interesses individuais. Uma tarefa, de resto, exigente e complexa que pressupõe designadamente um trabalho exaustivo de auscultação no terreno e de mediação entre os habitantes e as entidades promotoras (Fátima 2007).

O primeiro e importante passo, já foi dado com a declaração da área crítica de recuperação e reconversão urbanística (ACRRU), Decreto-Lei n.º 49/2008, de 17 de Outubro.

De acordo com o Decreto-Lei, é declarada área crítica de recuperação e reconversão urbanística de Aljustrel a zona correspondente à unidade operativa de planeamento e gestão, identificada no Plano de Urbanização de Fátima, município de Ourém, que abrange aproximadamente 16ha, delimitada na planta apresentada na Figura 2.63.

Encontra-se em curso o processo de conversão da ACRRU em área de reabilitação urbana (ARU), conforme o atual regime jurídico da reabilitação urbana, Decreto-Lei n.º 307/2009, de 23 de Outubro.

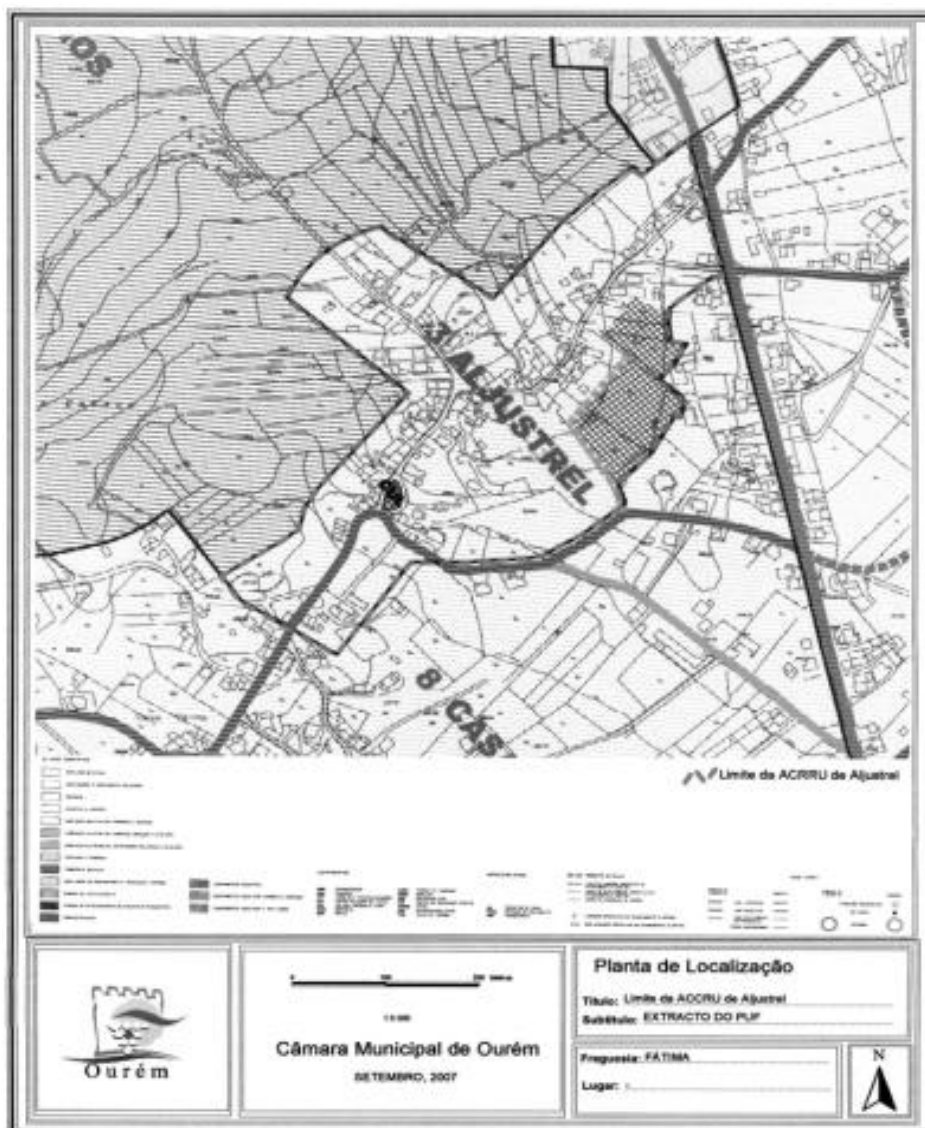


Figura 2.63 – Limite da área crítica de recuperação e reconversão urbanística de Aljustrel (DR 2009)

2.4 CARATERIZAÇÃO DA REDE VIÁRIA DE FÁTIMA E ALJUSTREL

Fátima, a maior freguesia do concelho de Ourém, distrito de Santarém, é um importante centro de peregrinação para o mundo católico.

Situa-se a cerca de 11 km de Ourém, 25 km de Leiria, 120 km de Lisboa, 180 km do Porto e está aproximadamente a 300 metros acima do nível do mar, em pleno maciço calcário **estremenho** (Turismo do Centro 2015).

A aldeia de Aljustrel é identificada pelas casas que se estendem ao longo da rua que a liga à estrada principal, E.N.360, Fátima-Minde. No topo poente bifurca-se para Valinhos e Casa Velha.

A principal via é a autoestrada A1, existindo um nó em Fátima.

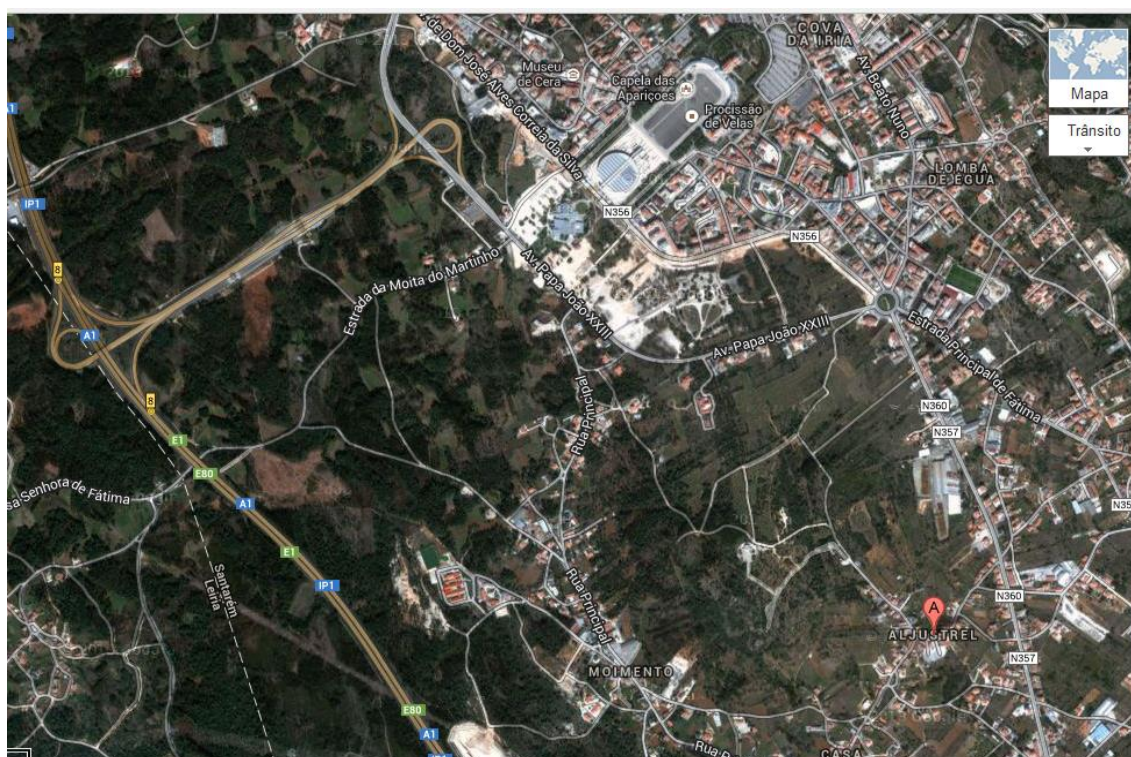


Figura 2.64 – Mapa viário de Fátima / Aljustrel (Aljustrel - Fátima 2015)

2.5 OCUPAÇÃO FUNCIONAL DO EDIFICADO

Um recenseamento realizado em 1527 revela que viviam em Aljustrel cerca de 150 pessoas, conferindo à povoação uma posição de referência na área de Fátima. A sua importância ficaria reforçada em 1561, data do mais antigo mapa corográfico de Portugal, no qual apenas as povoações de Aljustrel e Montelo constavam na freguesia de Fátima. Os censos de 1911 desenhavam uma aldeia composta por 26 fogos e 123 habitantes, traduzindo um decréscimo populacional comparativamente a 1527 (Fátima 2007).

No 1º quartel e, em parte, na 1ª metade do século XX, a população de Aljustrel, pouco monitorizada, operava essencialmente num contexto de isolamento geográfico, propenso à cooperação coletiva, e detinha uma divisão escassa do trabalho, e em que o principal sustento provinha da agropecuária, não se registando sinais significativos de transformação social local durante esse período (Fátima 2007).

Prevaleciam os pequenos agricultores, escasseando as classes dos lavradores e dos proprietários (em 1911 contavam-se apenas 2 casas de 2 pisos, elementos indicadores do estatuto social) (Fátima 2007).

Homens que não ocupassem um posto económico e social privilegiado na comunidade, mas que o ambicionassem, optavam muitas vezes pelo caminho da emigração. Os adultos emigravam com a causa de uma melhor qualidade de vida para a família; os jovens faziam-no ainda em busca de novas experiências, com a expectativa de escaparem aos estreitos horizontes da aldeia (Fátima 2007).

De resto, a abordagem aos padrões culturais representados na aldeia durante esse período conta com vários e esclarecidos contributos de investigadores e estudiosos locais, pelo que não se justifica uma insistência nessa matéria (Fátima 2007).

Da pesquisa centrada em trabalho de campo e em documentação depreende-se que, a partir dos anos 50, assomaram indicadores pertinentes de mudança na povoação, cujo ritmo evoluiu em crescendo de então a esta parte (Fátima 2007).

Os primeiros sintomas de transformação local assentariam essencialmente na beneficiação dos acessos à localidade, sendo a rede viária a prioridade da autarquia nessa década. Sucederam as preocupações com o abastecimento de água e a iluminação pública, o que centralizou as atenções dos moradores e das instituições durante o decénio seguinte (Fátima 2007).

Em contraponto, os anos 60 marcaram o despontar de uma focalização pública especial sobre a aldeia, desperta para a sua dimensão patrimonial e para a projeção das respetivas potencialidades, abrindo assim as portas ao exterior e a um movimento centrífugo (Fátima 2007).

Em 1961 as casas dos videntes receberam classificações patrimoniais como imóveis de interesse público (IIP), uma distinção que visaria a salvaguardada e valorização dos edifícios, bem como a implementação de dois anéis de proteção num raio de 50m a partir dos bens classificados. Seguiu-se a bênção dos monumentos da Via-Sacra, do Calvário Húngaro e da capela de Santo Estêvão, no Cabeço de Aljustrel. Já em 1968 o Estado Português manifestava a intenção de comparticipar nas ações de beneficiação de Aljustrel (Fátima 2007).

Do propósito de dignificação da povoação brotou ainda, em 1973, a proposta da criação de um Museu Etnográfico (Fátima 2007).



Figura 2.65 – Casa-Museu Etnográfico – Festa da descamisada



Figura 2.66 – Casa-Museu Etnográfico – Conversando à luz do petróleo



Figura 2.67 – Casa-Museu Etnográfico – Brincando

Um prenunciar de transformações que estalariam em anos sucessivos. A intenção adivinhava a substituição de técnicas e de mecanismos manuais, gizando uma mudança social e cultural nacional e extensível à aldeia (Fátima 2007).

A modernização das técnicas agrícolas, a abertura gradual dos mercados, o consecutivo emparcelamento de terrenos e as suas parcas qualidades agrícolas obstavam à continuidade dos assalariados agrícolas, e a garantia do sustento familiar centralizado na terra esmorecia. Enquanto a generalidade das populações rurais do concelho apostava na migração como opção mais fácil e viável, as gentes de Aljustrel sentiam os primeiros retornos do reconhecimento exterior da aldeia e encontravam no comércio um novo e mais vantajoso meio de subsistência, em alternativa aos caminhos da emigração (Fátima 2007).

Os novos, confiantes e empreendedores, lançavam-se destemidamente no ramo com uma capacidade de adaptação relativamente fácil. Estes jovens negociantes apostados num comércio tendencialmente especializado para públicos exógenos percutiam a difusão de técnicas e de produtos modernos. Eram os agentes privilegiados da mudança na aldeia. Os velhos, em contrapartida, experimentados no trabalho agrícola praticamente desde que se fizeram gente, ofereciam grande resistência ao exercício de novas tarefas. Recusavam-se a ver décadas de ritmos e de saberes serem apagadas friamente pela nova atividade e tinham consciência das dificuldades que enfrentariam se competissem com os jovens pelo protagonismo, um risco a evitar em prol da conservação do estatuto conquistado durante um longo e suado percurso (Fátima 2007).

Quadro 2.1 – Espaços comerciais, industriais e equipamentos (Fátima 2007)

Espaços comerciais, industriais e equipamentos em 1967

Levantamento realizado pela Direção Geral dos Serviços de Urbanização

Lojas de Comércio	8
Abegoarias	1
Café	1
Posto de Correio	1

Quadro 2.2 – Panorama sociocultural da aldeia refletido na arquitetura (Fátima 2007)

O panorama sociocultural da aldeia refletido na arquitetura (1967)

Levantamento realizado pela Direção Geral dos Serviços de Urbanização

Habitações	42
Com Telha Marselha	27
Com 1 Piso	29
Arrecadações	20
Adega	1
Telheiro	4
Garagem	2
Cómodos de Gados	5
Palheiro	11

O êxito dos primeiros negociantes atraiu novos investidores e a antiga aldeia dos pastores foi convertida em aldeia de comerciantes. Essa conjuntura, que ganharia fôlego sobretudo na década de 80, traduziu-se em incentivo à permanência/fixação das populações, despoletando a proliferação amiúde de edifícios que, ano após ano, eram implantados para lá do centro da povoação e dilatavam as fronteiras físicas da mesma. As casas iam ocupando terrenos até há bem pouco tempo consagrados à agricultura, e as parcelas eram frequentemente divididas e loteadas para os herdeiros ali erguerem os seus «prédios», ainda que com algum aperto. Por cada filho que casava surgia uma nova habitação, pois "casar significa fundar casa" (Fátima 2007).

A construção à beira da via, registada um pouco por todo o País, não era ali exceção, onde as casas ficavam expostas ao fumo, ao ruído e às poeiras – *“Há cerca de 40 anos não se conheciam praticamente casas à borda da estrada que vai para Minde. Hoje é difícil contá-las”*. No centro de Aljustrel a tendência seria inclusive reforçada a pretexto da prática mercantil, cujo sucesso dependia também da visibilidade e do acesso rápido aos espaços comerciais por parte do potencial comprador (Fátima 2007).

O estatuto social das famílias na aldeia passou a estar associado a sinais exteriores de ostentação, projetados em casas com dimensões avultadas, empenas partidas, traços assimétricos e complexos, ainda que nem sempre funcionais, prevalecendo as varandas balaustradas, os azulejos industriais e materiais caros, promissores, por isso, do desejado prestígio. Mas nem sempre o aparato exterior confirmava o conforto no interior. O importante era a casa sobressair em relação à casa do vizinho pela diferença, um anseio coletivo que veiculou um movimento crescente da heterogeneidade tipológica na arquitetura da aldeia, por oposição ao trilha tendente à homogeneização tipológica à escala nacional de norte a sul do País (Fátima 2007).

O ritmo acelerado de construção injetado na aldeia definiu-lhe um novo perfil em poucos anos, sendo que as décadas de 80 e 90 foram as fases centrais de tal metamorfose e rapidamente a paisagem aldeã e rural desfigurou-se. O visitante que interiorizava a imagem de um conjunto uniformizado e harmónico de casas em pedra não a revia neste sítio, o qual, para sua decepção, evocava características muito próximas das que identificara ao longo de tantas localidades do País. Valia-lhe o reconhecimento do simbolismo naquele lugar e as vivências dos Pastorinhos materializadas nas suas antigas casas e na Casa-Museu de Aljustrel (Fátima 2007).

Na década de 90, perante o alargamento da povoação pela criação de novos arruamentos, a Câmara Municipal atribuiu-lhes topónimos. Exibia já então uma configuração que se avizinhava do caos. Impunha-se travá-la por meio da implementação de instrumentos reguladores do ordenamento urbanístico. A constatação desta descaracterização galopante era reforçada por uma visita de técnicos do IPPAR ao terreno, a convite da Junta de Freguesia de Fátima, com o fim de avaliarem as possibilidades de classificação patrimonial da aldeia. A proposta foi inviabilizada por Aljustrel já não reunir à data os requisitos necessários, que recaíam, sobretudo, nos critérios arquitetónicos de apreciação. Fosse a classificação instruída poucos anos antes e, decerto, teria sido bem-sucedida (Fátima 2007).

2.6 ESTADO DE CONSERVAÇÃO

O estado de conservação do edificado, retratado neste relatório, assenta em três aspetos fundamentais:

- ✓ 1º: As construções mais antigas, edificadas no início do século XX, que não sofreram obras de conservação ou restauro, que se encontram de um modo geral em estado bastante avançado de degradação, ou mesmo no estado de ruína;



Figura 2.68 – Antiga casa em ruínas



Figura 2.69 – Antiga casa em estado de degradação elevada



Figura 2.70 – Casa em ruínas



Figura 2.71 – Vista interior de casa em ruínas

- ✓ 2º As habitações, também construídas no início do século XX, mas que sofreram obras de restauro e manutenção, como as casas dos videntes e que se apresentam num estado razoável de conservação.



Figura 2.72 – Casa dos videntes – Francisco e Jacinta



Figura 2.73 – Idem, vista interior



Figura 2.74 – Casa da vidente Lúcia



Figura 2.75 – Idem, vista interior



Figura 2.76 – Casa-Museu



Figura 2.77 – Idem, pormenor interior do janelo

- ✓ 3º: As edificações, construídas nas últimas décadas, que se apresentam em bom estado, são exemplos disso as construções mistas de comércio e habitação, que proliferam na aldeia, bem como as construções unifamiliares.



Figura 2.78 – Edifício misto de comércio e habitação



Figura 2.79 – Edifício de três pisos de comércio e habitação



Figura 2.80 – Construção unifamiliar de dois pisos



Figura 2.81 – Habitação recente de dois pisos

3. CARATERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DO EDIFICADO

3.1 LEVANTAMENTO GEOMÉTRICO DO LOCAL

Na análise do edificado dos núcleos urbanos antigos, as ações de inspeção consistiram na avaliação do estado de conservação e das condições de habitabilidade dos edifícios através de dois procedimentos principais: o primeiro consistia no preenchimento de fichas individuais de levantamento e o segundo no levantamento geométrico de alguns edifícios.

O procedimento geométrico consiste em duas abordagens distintas. A primeira reside na realização do esboço rápido da planta do edifício e registo das funções dos vários compartimentos, registando-se também as dimensões do vão de entrada, do pé direito e da espessura de paredes. No caso da segunda abordagem o procedimento é idêntico apenas com uma representação geométrica das dimensões com maior rigor.

O objetivo dos levantamentos é, numa primeira instância, perceber o tipo de plantas e a organização dos edifícios, apoiando a definição de tipologias. Num segundo momento, as plantas, corte e alçados rigorosos dos casos selecionados para o efeito tem como objetivo fornecer dados métricos para cálculos referentes à avaliação dos riscos de sismo e incêndio.

Assim irá ser realizado o levantamento das construções, situadas no núcleo histórico de Aljustrel, com caraterísticas distintas, de modo a obter resultados mais abrangentes para o estudo em curso.

3.2 INSPEÇÃO, REGISTO E DIAGNÓSTICO DO EDIFICADO (FICHAS)

Estas fichas estão organizadas de forma hierarquizada e contêm informação exaustiva e detalhada a selecionar posteriormente para melhor responder, quer aos objetivos da autarquia, quer a objetivos científicos diversos. Nestas fichas, são registadas características gerais do edifício, mas também e sobretudo as características de cada tipo de elementos construtivos (materiais, estado de conservação, anomalias, etc.).

As fichas de inspeção que permitiram efetuar a análise do risco sísmico dos edifícios no núcleo Urbano de Aljustrel, foram previamente adaptadas de Vicente (R. d. Vicente 2008).

Estas dividem-se em 6 categorias:

- ✓ Ficha 1: Identificação do edifício. Consiste no registo de informação referente à caracterização do edifício quanto à sua tipologia estrutural, à sua utilização e à acessibilidade, entre outros fatores.
- ✓ Ficha 2: Paredes de fachada. Contém informação referente ao tipo de constituição das paredes (geometria, materiais constituintes, etc.), ao seu revestimento e patologias existentes, entre outros fatores.
- ✓ Ficha 3: Diafragmas horizontais (pavimentos). Consiste no registo de informação referente ao tipo de estrutura do pavimento (geometria, materiais constituintes, etc.), ao seu revestimento, à ligação parede/pavimento, às patologias existentes, entre outros fatores.
- ✓ Ficha 4: Coberturas. Contém informação referente ao tipo de cobertura, à estrutura de suporte (geometria, materiais constituintes, etc.), ao revestimento, às patologias existentes, entre outros fatores.
- ✓ Ficha 5: Elementos secundários. Consiste no registo de informação referente aos vãos (constituição, estado de conservação, etc.), ao teto (revestimento e estado de conservação, etc.) e às paredes interiores (constituição, revestimento, etc.).
- ✓ Ficha 6: Levantamento estrutural. Contém informação referente à interação entre edifícios e ao tipo e organização do sistema resistente, entre outros fatores.

Apresenta-se de seguida o modelo tipo das fichas de Inspeção.

Ficha para acções de levantamento IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO		F1																																																								
1. GENERALIDADES: Código do Edifício: _____ Data de Inspeção: _____ Freguesia: _____ Ano de Construção: _____ Endereço: _____ Utilizador: _____ Contacto: _____		<div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div> <p style="text-align: right; margin-top: 5px;">FOTO</p>																																																								
1.1 CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO: 1.2 TIPO DE UTILIZAÇÃO: <input type="checkbox"/> Privado <input type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Habitação unifamiliar <input type="checkbox"/> Habitação multifamiliar <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Religiosa <input type="checkbox"/> Outra Qual? _____																																																										
1.3 INTERESSE ARQUITECTÓNICO: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não																																																										
1.4 TIPOLOGIA ESTRUTURAL: <input type="checkbox"/> Alvenaria com pavimentos em madeira <input type="checkbox"/> Betão Armado <input type="checkbox"/> Outra Qual? _____																																																										
1.5 EDIFÍCIO EM RUÍNA: 1.6 Nº DE FACHADAS COM ABERTURAS: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Descrição: _____																																																										
2. IMPLANTAÇÃO E FUNDAÇÕES: <input type="checkbox"/> Isolado <input type="checkbox"/> Gaveto <input type="checkbox"/> Banda meio <input type="checkbox"/> Banda extremo <input type="checkbox"/> Desníveis dos pavimentos 2.1 INCLINAÇÃO DO TERRENO: _____ % 2.2 TIPO DE SOLO DE FUNDAÇÃO: _____		2.3 EXISTÊNCIA DE FUNDAÇÕES: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Descrição: _____ 2.4 DIFERENÇA DE COTA ENTRE ELEMENTOS DA FUNDAÇÃO: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não ΔH = _____ m 2.5 PRESENÇA DE IMPULSOS DE TERRA: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Descrição: _____																																																								
3. UTILIZAÇÃO DO EDIFÍCIO (%): <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Andar</th> <th style="text-align: left;">Pé direito</th> <th style="text-align: center;">Comércio</th> <th style="text-align: center;">Habitação</th> <th style="text-align: center;">Serviços</th> <th style="text-align: center;">Outro</th> <th style="text-align: center;">Devoluto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R/C</td> <td>_____ m</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>1ª</td> <td>_____ m</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>2ª</td> <td>_____ m</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>3ª</td> <td>_____ m</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>4ª</td> <td>_____ m</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>5ª</td> <td>_____ m</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>Outro</td> <td>_____ m</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table>			Andar	Pé direito	Comércio	Habitação	Serviços	Outro	Devoluto	R/C	_____ m						1ª	_____ m						2ª	_____ m						3ª	_____ m						4ª	_____ m						5ª	_____ m						Outro	_____ m					
Andar	Pé direito	Comércio	Habitação	Serviços	Outro	Devoluto																																																				
R/C	_____ m																																																									
1ª	_____ m																																																									
2ª	_____ m																																																									
3ª	_____ m																																																									
4ª	_____ m																																																									
5ª	_____ m																																																									
Outro	_____ m																																																									
3.1 ÁREAS DOS COMPARTIMENTOS (HABITAÇÃO): Compartimentos principais (quartos e sala): Reduzida <input type="checkbox"/> Suficiente <input type="checkbox"/> Compartimentos de serviço (cozinha e I.S.): Reduzida <input type="checkbox"/> Suficiente <input type="checkbox"/>		3.2 ACESSIBILIDADES: Largura da via: _____ (m) (em frente ao edifício) 3.3 ESPAÇOS COMUNS: <input type="checkbox"/> Não existem Logradouro: <input type="checkbox"/> Interior <input type="checkbox"/> Exterior Pátio: <input type="checkbox"/> Ocupado <input type="checkbox"/> Livre <input type="checkbox"/> Coberto																																																								
4. POSSIBILIDADE DE ALTERAÇÃO/MUTABILIDADE: <input type="checkbox"/> Uso/Função <input type="checkbox"/> Compartimentação		5. HISTÓRICO DE INTERVENÇÕES: <input type="checkbox"/> Conservação <input type="checkbox"/> Remodelação <input type="checkbox"/> Ampliação Descrição da intervenção: _____ Ano (aprox.): _____																																																								
6. OBSERVAÇÕES: _____ _____ _____		_____ _____ _____																																																								
Ed: _____																																																										
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:																																																										
Ed: _____																																																										

Figura 3.1 – Ficha de identificação do edifício

Ficha para acções de levantamento PAREDES DE FACHADA		F2
ORIENTAÇÃO: _____ Largura da fachada (m): _____ Observações: _____		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 1. CONFIGURAÇÃO DAS ABERTURAS: 1.1 REGULARIDADE: <input type="checkbox"/> Regulares <input type="checkbox"/> Irregulares </div> <div> 1.2 ALINHAMENTO: <input type="checkbox"/> Alinhadas <input type="checkbox"/> Desalinhadas verticalmente <input type="checkbox"/> Desalinhadas horiz. e vertic. <input type="checkbox"/> Desalinhadas horizontalmente </div> <div> 1.3 ÁREA DAS ABERTURAS: <input type="checkbox"/> < 20% <input type="checkbox"/> < 35% <input type="checkbox"/> < 60% <input type="checkbox"/> > 60% </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: -20px;"> <input type="checkbox"/> Existência de aberturas de grande vão na fachada </div>		
2. CONSTITUIÇÃO DO SUPORTE: 2.1 TIPO: _____ Número de panos: <input type="checkbox"/> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div> ALVENARIA DE PEDRA: <input type="checkbox"/> Alv. argamassada (cal+areia) c/fragmentos de pedra esp: _____ cm <input type="checkbox"/> Alv. pedra com face aparelhada (pedra calcária) esp: _____ cm <input type="checkbox"/> Alv. pedra aparelhada esp: _____ cm </div> <div> OUTROS: <input type="checkbox"/> Betão armado esp: _____ cm <input type="checkbox"/> Alvenaria de adobe esp: _____ cm <input type="checkbox"/> Alvenaria de taipa esp: _____ cm </div> </div> ALVENARIA DE TIJOLO: <input type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Vazado dim: _____ cm esp: _____ cm <input type="checkbox"/> Dupla <input type="checkbox"/> Maciço dim: _____ cm esp: _____ cm		
2.2 FUNÇÃO: <input type="checkbox"/> Parede com função resistente (mestra) <input type="checkbox"/> Parede sem função resistente <input type="checkbox"/> Parede com função pseudo-resistente <input type="checkbox"/> Parede com diminuição de espessura em altura		
2.3 ESTADO DE CONSERVAÇÃO GLOBAL (1-5): <input type="checkbox"/> (1-mau; 3-razoável; 5-bom)		
3. REVESTIMENTO: 3.1 TIPO: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="checkbox"/> Barramento <input type="checkbox"/> Argamassa de cal <input type="checkbox"/> Pintura com tinta plástica <input type="checkbox"/> Pintura de cal (caçada) <input type="checkbox"/> Pintura texturada </div> <div> <input type="checkbox"/> Revestimento cerâmico vidrado <input type="checkbox"/> Revestimento cerâmico não vidrado <input type="checkbox"/> Reboco de cimento <input type="checkbox"/> Placagem de pedra colada <input type="checkbox"/> Placagem de pedra grampeada </div> <div> <input type="checkbox"/> Elementos decorativos especiais (fingidos de pedra, ornamentos) <input type="checkbox"/> Reboco c/areia de rio crivada <input type="checkbox"/> Reboco c/areia de rio não crivada </div> </div>		
3.2 ESTADO DE CONSERVAÇÃO GLOBAL (1-5): <input type="checkbox"/> (1-mau; 3-razoável; 5-bom)		
4. PATOLOGIAS (CAUSAS PROVÁVEIS): <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 4.1 FISSURAÇÃO: <input type="checkbox"/> Assentamento de fundações <input type="checkbox"/> Deformação de elementos de suporte <input type="checkbox"/> Localizada c/sinais de esmagamento <input type="checkbox"/> Concentração de tensões <input type="checkbox"/> Retração do revestimento <input type="checkbox"/> Inadaptabilidade e incompatibilidade entre parede-revestimento </div> <div> 4.2 HUMIDADE: <input type="checkbox"/> Corrosão de elementos metálicos <input type="checkbox"/> Reacção a sais <input type="checkbox"/> Acções térmicas <input type="checkbox"/> Retração do suporte <input type="checkbox"/> Ascensional <input type="checkbox"/> Condensações superficiais <input type="checkbox"/> Condensações internas <input type="checkbox"/> Infiltrações pela platibanda <input type="checkbox"/> Infiltrações pelas caixilharias <input type="checkbox"/> Infiltrações pela calceira interior da cobertura </div> </div> 4.3 OUTROS: <input type="checkbox"/> Envelhecimento dos materiais <input type="checkbox"/> Empolamento do reboco <input type="checkbox"/> Destacamento do revestimento <input type="checkbox"/> Tinta descascada/empolada <input type="checkbox"/> Expansão das alvenarias por acções térmicas e/ou higroscópicas <input type="checkbox"/> Queda de revestimento <input type="checkbox"/> Poluição, grafittis, musgos, bolores		
4.4 EVOLUÇÃO DAS PATOLOGIAS: <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>		
5. ÚLTIMAS INTERVENÇÕES DE BENEFICIAÇÃO: <input type="checkbox"/> Conservação <input type="checkbox"/> Ampliação <input type="checkbox"/> Remodelação <input type="checkbox"/> Consolidação <input type="checkbox"/> Reforço sísmico Ano (aprox.): _____		
6. ELEMENTOS LIGADOS À FACHADA: <input type="checkbox"/> Equipamentos mecânicos <input type="checkbox"/> Varandas <input type="checkbox"/> Platibandas <input type="checkbox"/> Outros elementos mais leves (candeeiros, sinais luminosos, reclusos, etc.)		
Ed: _____		
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:		
Ed: _____		

Figura 3.2 – Ficha de avaliação das paredes de fachada

Ficha para acções de levantamento DIAFRAGMAS HORIZONTAIS (PAVIMENTOS)		F3																								
1. CARACTERIZAÇÃO DO SUPORTE: Número de pavimentos (excluindo pavimento térreo): <input style="width: 50px;" type="text"/> Vão máximo: _____ m Vão mínimo: _____ m																										
1.1 TIPO: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> MADEIRA: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Aparelhada</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Não aparelhada</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> </table> </div> <div style="width: 48%;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Laje aligeirada</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Laje maciça</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> </table> </div> </div>			Aparelhada	R/C	1º	2º	3º	4º	Não aparelhada	R/C	1º	2º	3º	4º	Laje aligeirada	R/C	1º	2º	3º	4º	Laje maciça	R/C	1º	2º	3º	4º
Aparelhada	R/C	1º	2º	3º	4º																					
Não aparelhada	R/C	1º	2º	3º	4º																					
Laje aligeirada	R/C	1º	2º	3º	4º																					
Laje maciça	R/C	1º	2º	3º	4º																					

PERFIS METÁLICOS:

R/C	1º	2º	3º	4º
-----	----	----	----	----

Outros: _____

Figura 3.3 – Ficha de avaliação dos pavimentos

Figura 3.4 – Ficha de avaliação de cobertura

62

Ficha para acções de levantamento ELEMENTOS SECUNDÁRIOS	F5
<p>1. VÃOS</p> <p>1.1 CONSTITUIÇÃO DA CAIXILHARIA DAS JANELAS: 1,2 PROTECÇÃO DAS JANELAS:</p> <p> <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Alumínio <input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Existe Qual? _____ </p> <p><input type="checkbox"/> Outro: _____</p> <p>1.3 CONSTITUIÇÃO DAS PORTAS:</p> <p> <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Ferro <input type="checkbox"/> Alumínio </p> <p><input type="checkbox"/> Outro: _____</p> <p>1.4 ESTADO DE CONSERVAÇÃO GLOBAL (1-5): <input type="checkbox"/> (1-mau; 3-razoável; 5-bom)</p>	
<p>2. TECTO</p> <p>2.1 REVESTIMENTO:</p> <p> <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Estafe <input type="checkbox"/> Tecto falso </p> <p> <input type="checkbox"/> Areado fino <input type="checkbox"/> Estrutura à vista <input type="checkbox"/> Outro: _____ </p> <p>2.2 ESTADO DE CONSERVAÇÃO GLOBAL (1-5): <input type="checkbox"/> (1-mau; 3-razoável; 5-bom)</p>	
<p>3. PAREDES INTERIORES</p> <p>3.1 CONSTITUIÇÃO DAS PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO:</p> <p> <input type="checkbox"/> Alvenaria de tijolo cerâmico <input type="checkbox"/> Alvenaria de pedra <input type="checkbox"/> Tabique <input type="checkbox"/> Gesso Cartonado </p> <p>3.2 CONSTITUIÇÃO DAS PAREDES "MEEIRAS":</p> <p> <input type="checkbox"/> Alvenaria de tijolo cerâmico <input type="checkbox"/> Alvenaria de pedra <input type="checkbox"/> Tabique <input type="checkbox"/> Outro: _____ </p> <p>3.3 REVESTIMENTO:</p> <p> <input type="checkbox"/> Reboco pintado <input type="checkbox"/> Azulejo </p> <p> <input type="checkbox"/> Papel de Parede <input type="checkbox"/> Outro: _____ </p> <p>3.4 ESTADO DE CONSERVAÇÃO GLOBAL (1-5): <input type="checkbox"/> (1-mau; 3-razoável; 5-bom)</p>	
<p>4. PATOLOGIAS</p> <p>4.1 VÃOS:</p> <p> <input type="checkbox"/> Perda de estanqueidade à água <input type="checkbox"/> Apodrecimento das madeiras </p> <p> <input type="checkbox"/> Deformações excessivas <input type="checkbox"/> Oxidação dos acessórios </p> <p> <input type="checkbox"/> Fratura de vidros <input type="checkbox"/> Degradação superficial da madeira </p> <p> <input type="checkbox"/> Condensações interiores <input type="checkbox"/> Peitoris com deficiência </p> <p> <input type="checkbox"/> Fdiferença de côr <input type="checkbox"/> Outro: _____ </p>	

Figura 3.5 – Ficha de avaliação de elementos secundários

<p>4.2 TETOS:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Manchas</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Bolores</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Descasque da tinta</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Descasque/queda do reboco</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Danificação dos materiais</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Apodrecimento</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Abaulamento</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Outro: _____</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> </table>						Manchas	R/C	1º	2º	3º	4º	Bolores	R/C	1º	2º	3º	4º	Descasque da tinta	R/C	1º	2º	3º	4º	Descasque/queda do reboco	R/C	1º	2º	3º	4º	Danificação dos materiais	R/C	1º	2º	3º	4º	Apodrecimento	R/C	1º	2º	3º	4º	Abaulamento	R/C	1º	2º	3º	4º	Outro: _____	R/C	1º	2º	3º	4º						
Manchas	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Bolores	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Descasque da tinta	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Descasque/queda do reboco	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Danificação dos materiais	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Apodrecimento	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Abaulamento	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Outro: _____	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
<p>4.3 PAREDES INTERIORES:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Manchas</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Bolores</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Descasque da tinta</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Descasque/queda do reboco</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Danificação dos materiais</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Apodrecimento</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Abaulamento</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Escorrências</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> <tr> <td>Outro: _____</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">R/C</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3º</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4º</td> </tr> </table>						Manchas	R/C	1º	2º	3º	4º	Bolores	R/C	1º	2º	3º	4º	Descasque da tinta	R/C	1º	2º	3º	4º	Descasque/queda do reboco	R/C	1º	2º	3º	4º	Danificação dos materiais	R/C	1º	2º	3º	4º	Apodrecimento	R/C	1º	2º	3º	4º	Abaulamento	R/C	1º	2º	3º	4º	Escorrências	R/C	1º	2º	3º	4º	Outro: _____	R/C	1º	2º	3º	4º
Manchas	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Bolores	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Descasque da tinta	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Descasque/queda do reboco	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Danificação dos materiais	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Apodrecimento	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Abaulamento	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Escorrências	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
Outro: _____	R/C	1º	2º	3º	4º																																																						
<p>5. ÚLTIMAS INTERVENÇÕES DE BENEFICIAÇÃO:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div> <input type="checkbox"/> Conservação <input type="checkbox"/> Ampliação <input type="checkbox"/> Remodelação </div> <div>Ano (aprox.): _____</div> </div> <p>Descrição da intervenção:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																																																											
<p>6. OBSERVAÇÕES:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																																																											
Ed:																																																											
<p>OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:</p>																																																											
Ed:																																																											

Figura 3.6 – Ficha de avaliação de elementos secundários (Cont.)

Ficha para acções de levantamento LEVANTAMENTO ESTRUTURAL		F6																																																																						
1. INTERACÇÃO ENTRE EDIFÍCIOS: 1.1 ALTURA DOS EDIFÍCIOS CONFINANTES: À esquerda: <input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Inferior À direita: <input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Inferior																																																																								
2. TIPO E ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA RESISTENTE: <input type="checkbox"/> Existência de tirantes Localização: _____ <input type="checkbox"/> Existência de cintas de travamento ao nível dos pavimentos <div style="float: right; width: 40%;"> <input type="checkbox"/> Boa ligação entre paredes ortogonais/cunhais <input type="checkbox"/> Acções de reforço (e.g. consolidação da alvenaria) 2.1 MATERIAL CONSTITUINTE DAS ESCADAS: _____ </div>																																																																								
3. PATOLOGIAS: 3.1 PAREDES RESISTENTES/PILARES/MUROS: Fendas: <input type="checkbox"/> Essencialmente verticais <input type="checkbox"/> Essencialmente horizontais <input type="checkbox"/> Essencialmente inclinadas Abaulamento: <input type="checkbox"/> Carga excessiva <input type="checkbox"/> Retracção <input type="checkbox"/> Expansão Localização: _____ <div style="float: right; width: 40%;"> <input type="checkbox"/> Concentração de fissuras junto a vãos <input type="checkbox"/> Perda de esquadria em vãos <input type="checkbox"/> Lintéis abaulados <input type="checkbox"/> Esmagamento localizado na zona de entrega dos barrotes 3.2 ESCADAS: <input type="checkbox"/> Degradadas <input type="checkbox"/> Empenadas Tipo de degradação: _____ </div> 3.3 EVOLUÇÃO DAS PATOLOGIAS: _____ _____																																																																								
4. INSPECÇÃO INTERIOR EXPEDITA: 4.1 EXISTÊNCIA DE ESCORAS: <input type="checkbox"/> Em aberturas <input type="checkbox"/> Reforços ocasionais <input type="checkbox"/> Em paredes mestras <input type="checkbox"/> Em pavimentos Outras: _____ 4.2 EXISTÊNCIA DE ARCOS OU ABÓBADAS: <input type="checkbox"/> Pedra aparelhada <input type="checkbox"/> Pedra argamassada <input type="checkbox"/> Tijolo <input type="checkbox"/> BA <input type="checkbox"/> Não identificado Observações: _____ 4.3 CONSTITUIÇÃO DAS PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO: <input type="checkbox"/> Alvenaria de tijolo cerâmico <input type="checkbox"/> Alvenaria de pedra <input type="checkbox"/> Tabique <input type="checkbox"/> Gesso cartonado _____																																																																								
5. DADOS GEOMÉTRICOS: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="5" style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">Piso</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">Unidade</th> <th style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">R/C</th> <th style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">1º</th> <th style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">2º</th> <th style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">3º</th> <th style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">4º</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>s</td> <td style="text-align: center;">cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>A_x</td> <td style="text-align: center;">m²</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>A_y</td> <td style="text-align: center;">m²</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>A_t</td> <td style="text-align: center;">m²</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>h</td> <td style="text-align: center;">m</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>p_m</td> <td style="text-align: center;">kN/m³</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>p_s</td> <td style="text-align: center;">kN/m³</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L</td> <td style="text-align: center;">m</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px;"> s - Espessura mínima das paredes resistentes; A_x - Área total resistente de paredes na direcção x; A_y - Área total resistente de paredes na direcção y; A_t - Área coberta em planta; h - Altura média entre pisos; p_m - Peso específico da alvenaria; p_s - Peso por unidade de área de laje horizontal; L - Máxima distância entre paredes transversais </div>					Piso						Unidade	R/C	1º	2º	3º	4º	s	cm						A _x	m ²						A _y	m ²						A _t	m ²						h	m						p _m	kN/m ³						p _s	kN/m ³						L	m					
		Piso																																																																						
	Unidade	R/C	1º	2º	3º	4º																																																																		
s	cm																																																																							
A _x	m ²																																																																							
A _y	m ²																																																																							
A _t	m ²																																																																							
h	m																																																																							
p _m	kN/m ³																																																																							
p _s	kN/m ³																																																																							
L	m																																																																							
6. OBSERVAÇÕES: _____ _____ _____ _____																																																																								
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS: _____ _____ _____		Ed: _____																																																																						
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS: _____ _____ _____		Ed: _____																																																																						

Figura 3.7 – Ficha relativa ao levantamento estrutural

4. AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE SÍSMICA

4.1 INTRODUÇÃO

De entre todos os fenómenos naturais que ameaçam as populações, os sismos e tsunamis são aqueles que, quando ocorrem, registam consequências mais devastadoras. Este facto obriga-nos a fazer uma reflexão séria sobre o papel da segurança sísmica no planeamento das nossas cidades, e principalmente dos nossos centros históricos, onde o tecido urbano que os compõem é, não só de incalculável valor histórico e arquitetónico, mas simultaneamente o edificado potencialmente mais vulnerável devido ao método construtivo utilizado e a degradação que apresentam (T. M. Ferreira 2009).

Ao longo dos últimos anos o conhecimento científico e técnico na área da engenharia sísmica tem tido uma grande evolução, no entanto não nos é possível, ainda nos dias de hoje, prever com fiabilidade quando e onde ocorrerão sismos. A previsão deste fenómeno natural continua a ser um desígnio da humanidade ainda não atingido, embora os esforços que estão a ser efetuados nesse domínio permitam alimentar a esperança de que num futuro, mais ou menos longínquo, seja possível prever os sismos com um grau de certeza comparável àquele com que hoje em dia prevemos as condições atmosféricas (Lopes 2008).

O conhecimento e o estudo da sismicidade de um território são a primeira tarefa no caminho da prevenção e, numa perspetiva mais lata, uma forma de fazer previsão.

As vantagens inerentes à capacidade de um alerta prévio permitirão, através da adoção de medidas pró-ativas de proteção, reduzir os danos e o número de vítimas e tomar algumas decisões estratégicas, não substituindo todavia um conjunto de medidas preventivas, que minimizem a ocorrência de um sismo (T. M. Ferreira 2009). Essa tarefa é absolutamente necessária no território português, já que o passado mostra que sismos de diversas origens magnitudes têm atingido diferentemente as várias zonas do país, muitas vezes com consequências bem nefastas (Lopes 2008).

Efetivamente, a melhoria do desempenho dos edifícios face à ação sísmica, assim como da resposta dos meios de socorro em cenário de catástrofe, poderiam tornar-se mais eficazes através de uma melhor perceção e desenvolvimento da avaliação do risco sísmico dos centros históricos (T. M. Ferreira 2009).

Embora Portugal seja um país com uma perigosidade sísmica considerada baixa a moderada, a necessidade de fazer uma avaliação individual da vulnerabilidade sísmica do edificado antigo torna-se cada vez mais patente e mais urgente. Uma avaliação deste tipo

possibilita identificar fragilidades estruturais e consequentes intervenções de reforço, permitindo desta forma minorar os danos, ou mesmo evitar a perda de edifícios de elevado valor, assim como o risco associado à utilização dos edifícios (T. M. Ferreira 2009). Pretende-se fazer um estudo do índice de vulnerabilidade, I_v , ao conjunto de edifícios que compõem a zona de Aljustrel.

4.2 SISMICIDADE HISTÓRICA EM PORTUGAL CONTINENTAL

Portugal Continental tem sofrido, ao longo do tempo, as consequências de sismos de magnitude moderada a forte, que resultam muitas vezes em danos importantes em várias cidades e vilas no Centro/Sul do país (T. M. Ferreira 2009).

O território português encontra-se perto da fronteira entre duas placas tectónicas, a Placa Africana e a Euro-Asiática. Esta fronteira, genericamente designada por falha Açores-Gibraltar no desenvolvimento do Oceano Atlântico, apresenta uma atividade sísmica razoável, associada à interação destas duas placas (T. M. Ferreira 2009).

No Quadro 4.1 apresenta-se uma listagem dos sismos mais importantes, de magnitude igual ou superior a 5, para o território do continente. Junta-se ainda informação resumida acerca da localização epicentral, magnitude e intensidade desses mesmos sismos (T. M. Ferreira 2009).

Da grande quantidade de sismos registados na rede do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, com números mensais que rondam a meia centena na zona Continental e da Madeira e as centenas na zona dos Açores, apenas uma ínfima parte é sentida pelas pessoas. Este facto faz compreender que os grandes sismos, aqueles relativamente aos quais existe maior preocupação, são um subconjunto muito reduzido da totalidade dos sismos ocorridos (Lopes 2008).

Quadro 4.1 – Principais sismos históricos em Portugal Continental (Lopes 2008)

Data	Localização epicentral	Magnitude e Intensidade ¹
22 de Fevereiro de 1309	Sudoeste do Cabo de S. Vicente	7
24 de Agosto de 1356	Sudoeste do Cabo de S. Vicente	7.5 - IX
18 de Dezembro de 1396	Espanha	7
12 de Março de 1528	Leiria	5 - VI
26 de Janeiro de 1531	Vale do Tejo	7.1 - X
28 de Janeiro de 1551	Sines	7.1 - X
8 de Junho de 1598	Vale do Tejo	VIII
27 de Outubro de 1699	Vale do Tejo	VII
6 de Março de 1719	Algarve	7 - IX
27 de Dezembro de 1722	Algarve	7.8 - IX
12 de Outubro de 1724	Atlântico Oeste	7 - X
1 de Novembro de 1755	Oeste do Cabo de S. Vicente	8.5 - X
18 de Março de 1757	Vale do Tejo	5.7
31 de Março de 1761	Sudoeste do Cabo de S. Vicente	7.5
12 de Abril de 1777	Sudoeste do Cabo de S. Vicente	7
2 de Fevereiro de 1816	Sudoeste do Cabo de S. Vicente	7
16 de Dezembro de 1847	Vale do Tejo	VI
23 de Março de 1855	Vale do Tejo	VI
12 de Janeiro de 1856	Algarve	6 - IX
19 de Novembro de 1857	Atlântico oeste	6.5 - IV
19 de Março de 1858	Beira Alta	4.3 - IV
11 de Novembro de 1858	Setúbal	7.2 - IX
22 de Agosto de 1891	Vale do Tejo	4.5 - V
30 de Outubro de 1896	Baixo Alentejo	5 - VI
13 de Agosto de 1899	Vale do Tejo	5.7 - VI
23 de Abril de 1909	Benavente	6.3 - X
20 de Fevereiro de 1969	Atlântico	7.9

4.3 A AÇÃO SÍSMICA SOBRE AS ESTRUTURAS DE ALVENARIA

Para além dos danos que os sismos infligem às estruturas, este fenómeno natural é responsável pela morte anual de milhares de pessoas em todo o mundo. Um dos problemas mais importantes que se colocam à sismologia consiste na capacidade de esclarecer as condições capazes de assegurar a estabilidade das estruturas de engenharia civil (edifícios, barragens, pontes, etc.), em consonância com o grau de risco desencadeado pelos sismos, sobretudo em zonas que apresentam atividade sísmica frequente (T. M. Ferreira 2009).

Enquanto técnica construtiva, a alvenaria tem sofrido ao longo da sua história uma série sucessiva de transformações, não só no que respeita à sua utilização, mas igualmente às propriedades físicas e mecânicas que apresenta. Embora atualmente as alvenarias tenham maioritariamente uma utilização não estrutural, sendo largamente utilizadas na

construção de paredes divisórias, painéis de enchimento e fachadas, a definição de alvenaria aplica-se de forma genérica a construções feitas com materiais sólidos – pedra, materiais cerâmicos, ou outros – solidarizados por meio de um ligante – cal, barro, argamassas de diferentes constituições ou traços. De facto, esta riqueza e diversidade de materiais utilizados nas alvenarias decorre da utilização, ao longo dos tempos, dos materiais naturais disponíveis em cada região (T. M. Ferreira 2009).

Do ponto de vista do comportamento sísmico das alvenarias com funções estruturais, solução construtiva dominante até ao aparecimento e massificação das construções em betão armado e de aço, interessa distinguir essencialmente dois tipos (Lopes 2008): alvenarias de pedra regular, em que as pedras são cortadas em paralelepípedos e colocadas nas construções de forma a apenas deixar juntas de espessura reduzida entre elas (Figura 4.1 a)) e alvenaria irregular, em que o material de enchimento, em geral pedra, não é trabalhado antes de ser colocado em obra, gerando muito maior espaço a ser preenchido pelo ligante (Figura 4.1 b)).

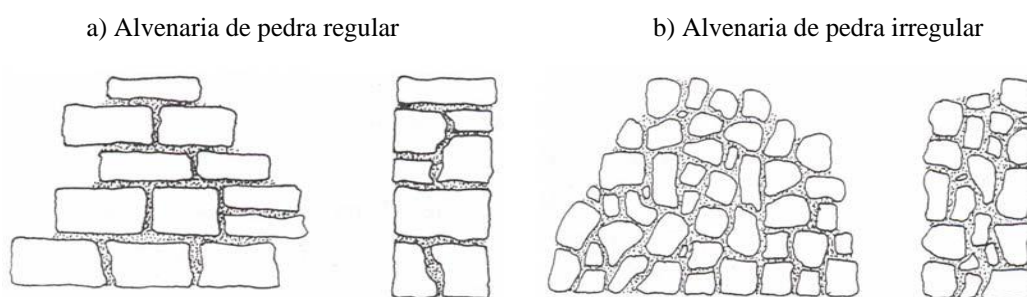


Figura 4.1 – Tipos de alvenaria comum em edifícios antigos (T. M. Ferreira 2009)

As paredes de alvenaria apresentam uma boa resistência a esforços de compressão no seu plano. No entanto, a sua fraca resistência à tração, a sua ductilidade reduzida e as propriedades de grande rigidez, levam a que este tipo de solução apresente uma capacidade de dissipação de energia muito reduzida, quando sujeita a ações laterais. Todavia, o seu comportamento sísmico pode ser bastante diferenciado: a experiência tem mostrado que as alvenarias de pedra regular, o tipo de alvenaria presente em muitos monumentos, têm em geral um desempenho sísmico superior. As piores alvenarias são as alvenarias secas, sem ligante ou com ligantes muito fracos, com pedra irregular e as de terra (barro) não compactadas (Lopes 2008).

A Figura 4.2 apresenta o corte de uma parede de alvenaria de pedra de três panos, o tipo de parede de alvenaria mais comum em paredes de fachada, e pretende demonstrar o seu comportamento quando sujeita a uma solicitação do tipo sísmica.

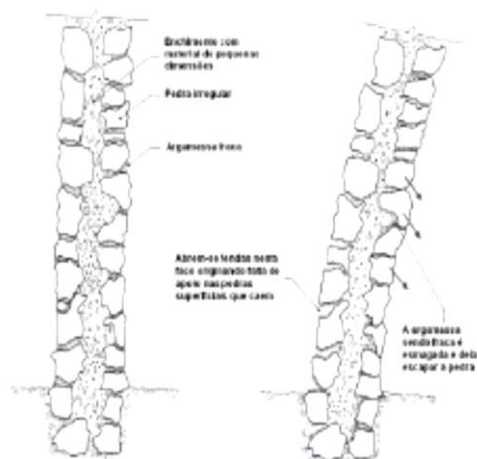


Figura 4.2 – Comportamento sísmico de uma parede de alvenaria de pedra (T. M. Ferreira 2009)

A análise da Figura 4.2 permite-nos, não só concluir que a alvenaria de pedra apresenta um mau comportamento para ações deste tipo, tendendo naturalmente a sofrer fenómenos rápidos de desagregação, mas igualmente que:

- ✓ O grau de arredondamento dos blocos influencia diretamente a coesão e a estabilidade da parede. Uma parede composta por blocos com maior grau de arredondamento tende a instabilizar com maior facilidade;
- ✓ A parede desagrega-se para os dois lados, uma vez que o sentido das forças varia rapidamente e múltiplas vezes durante um acontecimento sísmico;
- ✓ Devido às acelerações verticais as forças de compressão verticais que contribuem para estabilizar a parede diminuem, promovendo a desagregação da alvenaria;
- ✓ No caso de alvenarias compostas por pedra de fraca qualidade, pode ocorrer a fratura de alguns blocos (T. M. Ferreira 2009).

Note-se que embora as vibrações sísmicas perpendiculares ao plano da parede contribuam mais para a sua desagregação, vibrações horizontais em diferentes direções contribuem significativamente para o mesmo efeito, sobretudo se as acelerações verticais foram, também elas e simultaneamente, significativas (T. M. Ferreira 2009).

4.4 REGULAMENTOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA SÍSMICA

4.4.1 INTRODUÇÃO

Apesar dos sismos serem calamidades que desde sempre assolaram a humanidade, o desenvolvimento de normas, para conceção de estruturas, com vista à minimização dos danos em Portugal, remonta à década de 50 do séc. XX (Quadro 4.2). Portugal dada a sua localização, situada na placa Euro-Asiática, é um país de sismicidade importante, comprovada pelos sismos registados de intensidade moderada a forte. Foi o primeiro país do mundo onde foi criado um regulamento específico para a definição da ação sísmica (Costa 2008).

A primeira referencia a ação sísmica surge em 1951, no Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU). No entanto, é apenas um enunciado genérico sem qualquer pormenorização. Deste modo, o primeiro regulamento na área da construção, em que esta é definida para o dimensionamento das estruturas é o Regulamento de Segurança das Construções contra os Sismos (RSCCS) de 1958. Este aparece complementar ao RGEU, tornando-se o primeiro regulamento antissísmico do mundo. Mas é revogado passados três anos em 1961, data na qual é aprovado o Decreto-Lei nº 44041 de 18 de Novembro, e entra em vigor o Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes (RSEP). Com os progressos e desenvolvimentos na área da segurança estrutural que entretanto se verificaram, surge então o Regulamento de Segurança Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA). Apesar de ter entrado em vigor em 1983, as estruturas excluindo as abrangidas pelo Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios de 1965, puderam ser dimensionadas tendo por base o RSEP até 1985, data em que o RSA entra em vigor de modo definitivo. Mais recentemente em 2000, na filosofia da estrutura organizativa dos euro códigos, foi criado um eurocódigo dedicado exclusivamente a aspetos sísmicos, o Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas sismo-resistentes (EC8) (Costa 2008).

Quadro 4.2 - Regulamentação portuguesa para verificação sísmica (Costa 2008)

Data	Regulamento
1951	Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU)
1958	Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos (RSCCS)
1961	Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes (RSEP)
1983	Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA)
2000	Eurocódigo 8 – Projecto de Estruturas sismo-resistentes (EC8)

4.4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS REGULAMENTOS

Antes do aparecimento do RSA na década de 80, os métodos existentes até essa altura para a determinação da ação sísmica eram métodos simplificados. Estes consideravam sistemas de forças horizontais equivalentes (RSCSS e RSEP), em que as forças eram determinadas a partir de coeficientes sísmicos, em função da localização da construção. No entanto, os desenvolvimentos verificados na área da sísmica, bem como o aprofundamento do conhecimento da sismicidade do país, levou ao aparecimento do RSA, que permitiu a aplicação de métodos de análise dinâmica. Por fim na filosofia dos eurocódigos, foi criado um eurocódigo dedicado exclusivamente à ação sísmica, o que revela a importância da conceção de estruturas sismo-resistentes, face ao elevado risco económico e para as vidas humanas, em caso de sismo (Costa 2008).

No Quadro 4.3 apresentam-se as principais conclusões da análise comparativa dos regulamentos apresentados anteriormente.

Quadro 4.3 - Comparação entre os regulamentos (Costa 2008)

	RSCSS	RSEP	RSA	EC8
Zonamento	Um zonamento Zonas A, B e C	Um zonamento Zonas A, B e C	Um zonamento Zonas A, B, C e D	Dois zonamentos Zonas 1,2,3, 4 e 5 (sismo afastado) Zonas 1,2 e 3 (sismo próximo)
Ação sísmica	Forças estáticas horizontais	Forças estáticas horizontais	Espectros de resposta Espectros de potência Coef. sísmico de referência	Espectros de resposta Acelerogramas artificiais Acelerogramas registados
Combinação de ações	Não é feita qualquer combinação	Não é feita qualquer combinação	Ação sísmica é majorada	Ação sísmica não é majorada
Coefficientes aplicados	Coef. sísmico que depende da localização e tipo de construção	Coef. sísmico que depende da localização e tipo de construção	Coef. sísmico que depende da localização da construção e tipo de terreno	Factor de importância que depende da classe de importância da construção
Métodos de dimensionamento	Dimensionamento em relação à rotura Dimensionamento em fase elástica	Dimensionamento em relação à rotura Dimensionamento em fase elástica	Métodos de análise dinâmica Métodos de análise estática	Métodos de análise elástica: método das forças laterais e análise modal Métodos de análise não linear: análise estática não linear e análise dinâmica não linear

4.5 METODOLOGIA APLICADA

4.5.1 ENQUADRAMENTO

A metodologia aplicada neste trabalho para a avaliação da vulnerabilidade sísmica foi desenvolvida por Romeu Vicente (R. d. Vicente 2008) que teve como base os trabalhos realizados pelo *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti* (GNDT-SSN 1994) e Sonia Giovinazzi (S. Giovinazzi 2005). Na metodologia foram acrescentados 3 novos parâmetros aos 11 iniciais (GNDT-SSN 1994), para desenvolver uma avaliação da vulnerabilidade de edifícios habitacionais mais detalhada. Deste modo, a metodologia baseia-se no cálculo do Índice de Vulnerabilidade, I_v , segundo a média ponderada de 14 parâmetros.

As experiências de avaliação da vulnerabilidade e risco sísmico de grandes áreas urbanas ou regiões têm sido realizadas com técnicas indiretas ou híbridas, justificadas pelo elevado número de construções a avaliar. As primeiras tentativas de caracterização da vulnerabilidade de edifícios em larga escala, foram desenvolvidas no início dos anos 80 em países com significativo nível de perigosidade na Europa Central, como a Itália, Roménia, Grécia, Bulgária e ainda nos EUA (Vicente, Varum e Mendes da Silva 2006).

Na escolha da metodologia de avaliação da vulnerabilidade a utilizar dever-se-á ter em atenção a natureza, a função do edifício e a sua tipologia construtiva. A análise diferenciada destes tipos de edifícios, no que diz respeito a aspetos a avaliar é orientada por diferentes critérios e sensibilidades, que terão repercussão na avaliação da vulnerabilidade e consequente estimativa do grau e estado de dano (R. d. Vicente 2008).

Neste caso de estudo serão tratados edifícios antigos, em alvenaria de pedra, e edifícios recentes em betão armado.

No presente caso de Aljustrel, o conhecimento do comportamento de construções em alvenaria requer um razoável nível de informação, uma vez que o seu esquema estrutural e a dependência de vários fatores caracterizadores da qualidade construtiva são de difícil reconhecimento devido à heterogeneidade das soluções e à ausência de informação desenhada rigorosa. Por isso, muitas das primeiras formas de avaliação da vulnerabilidade de edifícios em alvenaria eram muito simplistas, apenas limitando-se a uma classificação qualitativa da classe de vulnerabilidade, independente da avaliação de dano. Isto é, a forma de avaliação de dano em função da severidade da ação sísmica, normalmente caracterizada pela intensidade ou valor de aceleração de solo, foram

propostas de forma independente em relação aos métodos ou procedimentos de caracterização da vulnerabilidade das construções em alvenaria (R. d. Vicente 2008).

Toda a informação utilizada na avaliação da vulnerabilidade sísmica de Aljustrel foi recolhida numa ação de inspeção, identificação e caracterização detalhada do edificado, constituindo a base de todo o processo, pela identificação e estudo dos parâmetros e características que mais influenciam a avaliação e a vulnerabilidade sísmica (R. d. Vicente 2008). Com este levantamento recolheu-se informação de 19 edifícios, sendo que 7 são em alvenaria tradicional de pedra e os restantes 12 são edifícios recentes em estrutura de betão armado.

Em todos os edifícios foi possível inspecionar a tipologia construtiva com o mesmo nível de profundidade.



Figura 4.3 – Área de estudo com identificação das edificações analisadas (Aljustrel - Fátima 2015)

4.5.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA APLICADA

A metodologia aplicada no estudo da vulnerabilidade do centro histórico de Aljustrel, depende do tratamento de informação recolhida no terreno durante o processo de inspeção e levantamento, conforme Anexos A e B. A formulação da metodologia adotada, baseia-se nos princípios enunciados pelo *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti* (GNDT-SSN 1994) e por Sonia Giovinazzi (S. Giovinazzi 2005).

A metodologia desenvolvida de avaliação da vulnerabilidade sísmica de edifícios em alvenaria, assemelha-se à formulação do *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti* (GNDT-SSN 1994), que se baseou nos estudos e levantamento de danos pós-sismo, evidenciando através da análise e observação de estruturas danificadas, quais as características que governam o comportamento das estruturas de alvenaria de edifícios antigos quando sujeitos à ação sísmica (R. d. Vicente 2008).

Posteriormente usando as funções de vulnerabilidade desenvolvidas por Sonia Giovinazzi (S. Giovinazzi 2005) é possível relacionar a vulnerabilidade calculada, através do índice de vulnerabilidade, com a estimativa do nível de dano e avaliação de perdas, como será exposto na secção 5.4 - *Estimativa de danos*. A metodologia adotada neste trabalho é considerada um procedimento híbrido, de acordo com a forma de avaliação da vulnerabilidade e o seu relacionamento na estimativa de danos, que associa uma técnica indireta (construção de um índice de vulnerabilidade para uma determinada tipologia) e o uso de uma função de vulnerabilidade baseada em matrizes de probabilidade de dano (R. d. Vicente 2008).

A metodologia aplicada baseia-se no cálculo de um índice de vulnerabilidade para cada edifício, como uma média ponderada de 14 parâmetros.

Cada parâmetro é classificado em 4 classes de vulnerabilidade, nomeadamente: A, B, C e D. Cada parâmetro avalia um aspeto que influencia o desempenho sísmico do edifício (escolhendo a classe de vulnerabilidade que melhor a caracteriza). A cada parâmetro é associado um peso, variando desde 0.5, para os parâmetros menos importantes, até 1.5, para os parâmetros com maior importância na vulnerabilidade do edifício (ver Quadro 4.4). O valor do índice de vulnerabilidade, I_v^* , varia entre 0 e 650, mas é mais comum usar-se o valor do índice de vulnerabilidade normalizado, I_v , variando no intervalo de 0 a 100 (soma ponderada normalizada). Este valor é na verdade uma pontuação atribuída ao edifício e constitui um passo intermédio na estimativa de dano associada a um nível de ação sísmica definido pela intensidade I (na escala macrossísmica EMS-98 (Grünthal

1998)) ou pela aceleração de pico do solo (PGA). No Quadro 4.4 apresentam-se os 14 parâmetros utilizados na formulação aplicada do índice de vulnerabilidade, bem como o valor das classes, C_{vi} , e o peso, ρ_i , de cada parâmetro no cálculo do índice de vulnerabilidade (R. d. Vicente 2008).

Quadro 4.4 - Índice de vulnerabilidade I_v , parâmetros e respetivos pesos associados (R. d. Vicente 2008)

PARÂMETRO		Classe C_{vi}				Peso ρ_i
		A	B	C	D	
P1	Tipo e organização do sistema resistente	0	5	20	50	0.75
P2	Qualidade do sistema resistente	0	5	20	50	1.00
P3	Resistência convencional	0	5	20	50	1.50
P4	Distância máxima entre paredes	0	5	20	50	0.50
P5	Altura do edifício	0	5	20	50	1.50
P6	Posição do edifício e fundações	0	5	20	50	0.75
P7	Localização e interacção	0	5	20	50	1.50
P8	Irregularidade em planta	0	5	20	50	0.75
P9	Irregularidade em altura	0	5	20	50	0.75
P10	Desalinhamento de aberturas	0	5	20	50	0.50
P11	Diafragmas horizontais	0	5	20	50	1.00
P12	Tipo de cobertura	0	5	20	50	1.00
P13	Danos estruturais identificados	0	5	20	50	1.00
P14	Elementos não-estruturais	0	0	20	50	0.50

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

$$I_v^* = \sum_{i=1}^{14} C_{vi} \times \rho_i$$

$$0 \leq I_v^* \leq 650$$

(Índice normalizado, $0 \leq I_v \leq 100$)

Índice de Vulnerabilidade - Edifício										
Edifício 1:		Agregado:				Data de Inspeção:				
Localização:						Equipa:				
Parâmetros de Avaliação		Classe e Pontuação C_{vi}				Peso ρ_i	$C_{vi} \times \rho_i$	Grau de Confiança	Notas e Esquemas	
1. Sistema Resistente										
P1	Tipo e organização do sistema resistente	A	B	C	D	0,75	---			
		0	5	20	50					
P2	Qualidade do sistema resistente	A	B	C	D	1,00	---			
		0	5	20	50					
P3	Resistência convencional	A	B	C	D	1,50	---			
		0	5	20	50					
P4	Distância máxima entre paredes	A	B	C	D	0,50	---			
		0	5	20	50					
P5	Altura do edifício	A	B	C	D	1,50	---			
		0	5	20	50					
P6	Posição do edifício e fundações	A	B	C	D	0,75	---			
		0	5	20	50					
2. Interação e Irregularidades										
P7	Localização e Interação	A	B	C	D	1,50	---			
		0	5	20	50					
P8	Irregularidade em Planta	A	B	C	D	0,75	---			
		0	5	20	50					
P9	Irregularidade em Altura	A	B	C	D	0,75	---			
		0	5	20	50					
P10	Desalinhamento de aberturas	A	B	C	D	0,50	---			
		0	5	20	50					
3. Pavimentos e Cobertura										
P11	Diafragmas horizontais	A	B	C	D	1,00	---			
		0	5	20	50					
P12	Tipo de cobertura	A	B	C	D	1,00	---			
		0	5	20	50					
4. Estado de Conservação										
P13	Danos estruturais identificados	A	B	C	D	1,00	---			
		0	5	20	50					
5. Elementos Não-estruturais										
P14	Elementos não-estruturais	A	B	C	D	0,50	---			
		0	0	20	50					
Índice de Vulnerabilidade, I_v^*						---				

Figura 4.4 – Cálculo do índice de vulnerabilidade, I_v

As diferenças em relação à metodologia original, GNDT II, são essencialmente: i) o maior nível de detalhe na avaliação de alguns parâmetros; ii) a redefinição e ajuste dos critérios de classificação dos parâmetros originais; e, iii) a introdução de três novos parâmetros considerados fundamentais na vulnerabilidade das construções de alvenaria (R. d. Vicente 2008).

É na definição e atribuição dos pesos aos parâmetros que reside a maior fonte de incerteza que, apesar de não ter sido tratada matematicamente, foi objeto de uma análise de sensibilidade onde os parâmetros foram agrupados por grau de importância, de forma a relativizar melhor, de entre todos os 14 parâmetros, os correspondentes pesos (R. d. Vicente 2008).

Verificando-se que os 14 parâmetros a avaliar são agrupados em: sistema resistente, interação e irregularidades, pavimentos e cobertura (elementos horizontais resistentes), estado de conservação (fragilidades estruturais) e elementos não-estruturais (R. d. Vicente 2008).

O primeiro grupo inclui parâmetros P1 e P2 que caracterizam o sistema resistente da construção, que governa o seu comportamento estrutural, avaliando a qualidade da alvenaria através do material constituinte (dimensão e forma dos elementos), tipo de aparelho e ligação entre paredes ortogonais. O parâmetro P3 é um dos mais importantes, pois analisa quantitativamente a capacidade resistente em corte, que apenas é possível determinar com recurso a informação geométrica do edifício. O parâmetro P4 é outro indicador baseado em características geométricas que avalia o nível de conexão entre paredes, e ainda, de modo indireto, a vulnerabilidade das paredes ao colapso para fora do seu plano. Os parâmetros P5 e P6 avaliam a altura do edifício e a relação entre o edifício e as condições de fundação, respetivamente (R. d. Vicente 2008).

A inserção dos parâmetros P5, P7 e P10, introduzem os seguintes aspetos: a altura do edifício (P5); a consideração do efeito de interação entre construções vizinhas (P7), uma vez que em centros urbanos, tipicamente os edifícios partilham paredes resistentes, constituindo agregados estruturais (apesar de em muitos casos serem construídos em períodos distintos), desta forma a sua resposta à ação sísmica não pode ser interpretada de forma individualizada; e o desalinhamento de aberturas (P10) na influência do caminho de carga e capacidade resistente das paredes de alvenaria (R. d. Vicente 2008).

O segundo grupo trata essencialmente a interação entre construções vizinhas e as irregularidades estruturais. O parâmetro P7 avalia um aspeto que não é contemplado por outras metodologias - a interação entre construções vizinhas - e é claramente dominante na determinação da vulnerabilidade. Note-se que esta inserção pode ser ou não favorável (R. d. Vicente 2008).

A título de exemplo apresenta-se no Quadro 4.5 a definição das classes de vulnerabilidade para o parâmetro P7 – Localização e Interação com outros Edifícios.

Quadro 4.5 – Definição das classes de vulnerabilidade para o parâmetro P7 (R. d. Vicente 2008)

Localização	Classe	Desníveis dos pavimentos (agravamento da classe)
Edifício de banda meio	A	B
Edifício isolado	B	--
Edifício de gaveto	C	D
Edifício de banda extremo	D	--

Os parâmetros P8 e P9 avaliam a irregularidade em planta e em altura do edifício. O parâmetro P10 identifica a irregularidade da distribuição de aberturas nas paredes, aspeto condicionante no caminho de carga, podendo despoletar mecanismos de colapso indesejáveis (R. d. Vicente 2008).

O terceiro grupo inclui os parâmetros P11 e P12, que avaliam as estruturas horizontais, nomeadamente os pavimentos e a cobertura. No parâmetro P11 faz-se fundamentalmente a avaliação da ligação dos pavimentos às paredes e da sua rigidez no próprio plano. No parâmetro P12 avalia-se a natureza impulsiva do sistema de cobertura sobre as paredes resistentes (R. d. Vicente 2008).

O parâmetro P13 avalia as fragilidades estruturais identificadas, que traduz o estado de conservação do edifício. O parâmetro P14 avalia a presença de elementos não resistentes com deficientes condições de ligação à estrutura principal que possam agravar o nível de dano da estrutura quando sujeita a uma ação sísmica (R. d. Vicente 2008).

A título de exemplo apresenta-se na Figura 4.5 a definição das classes de vulnerabilidade para o parâmetro P12 - Tipo de cobertura (R. d. Vicente 2008).

Impulso	Cinta perimetral	Tirantes	Classe
Não impulsivo	1 (Sim)	1 – 0	A
	1 – 0	1	A
	0 (Não)	0	B
Pouco impulsivo	1	1 – 0	B
	1 – 0	1	B
	0	0	C
Impulsivo	1	1 – 0	C
	1 – 0	1	C
	0	0	D

<p>Coberturas não impulsivas</p>
<p>Coberturas pouco impulsivas</p>
<p>Coberturas impulsivas</p>

Nota: Avaliado o estado de conservação da cobertura, a classificação deste parâmetro poderá ser agravada.

Figura 4.5 – Parâmetro P12 - Tipo de cobertura (R. d. Vicente 2008)

De todos os parâmetros, os mais influentes no cálculo de I_v são os parâmetros P3, P5 e P7, uma vez que têm o maior peso ($\rho_i = 1.00$). Os parâmetros P2, P11, P12 e P13, com peso de $\rho_i = 1.00$ são na verdade aqueles que poderão ser objeto de melhoria por meio de ações de reforço, reduzindo a vulnerabilidade de forma direta, tais como: consolidação da alvenaria (P2), rigidificação dos pavimentos e melhoria da ligação às paredes (P11), reforço da cobertura e eliminação do impulso sobre as paredes resistentes (P12), e melhoria do estado de conservação global da construção eliminando as suas fragilidades (P13) (R. d. Vicente 2008).

As classificações baixas (maioritariamente classes C e D) dos parâmetros P4, P9 e P10, apesar do peso inferior, entre 0.5 e 0.75, aumentam significativamente o valor estimado da vulnerabilidade do edifício em geral (R. d. Vicente 2008).

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 VULNERABILIDADE DO NÚCLEO URBANO DE ALJUSTREL

A determinação do índice de vulnerabilidade foi inicialmente desenvolvida em Itália pelo GNDT II (GNDT-SSN 1994) para a avaliação da vulnerabilidade sísmica de edifícios de alvenaria através da observação e catalogação de danos e mecanismos após a ocorrência de um evento sísmico. Em Portugal esta metodologia foi adaptada à realidade dos nossos edifícios por Romeu Vicente (Vicente, et al. 2011), introduzindo uma análise e inspeção mais cuidada e ainda outros novos parâmetros contabilizando a interação entre edifícios adjacentes. Inicialmente aplicada à baixa da cidade de Coimbra (Vicente, et al. 2011), esta metodologia foi utilizada na avaliação do núcleo urbano de Aljustrel. A metodologia baseia-se na determinação de um índice de vulnerabilidade, I_v , o qual é calculado para cada edifício através de uma média ponderada de 14 parâmetros distribuídos em quatro classes de vulnerabilidade crescente, C_{vi} , de A a D, possuindo diferentes pesos relativos, p_i , consoante a sua importância no comportamento sísmico do edifício. A definição detalhada de cada um desses catorze parâmetros pode ser consultada no Anexo C do presente trabalho (R. d. Vicente 2008).

5.1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS

Dos dezanove edifícios analisados, doze em estrutura de betão armado e sete em alvenaria de pedra, obtiveram-se as seguintes classificações para cada parâmetro:

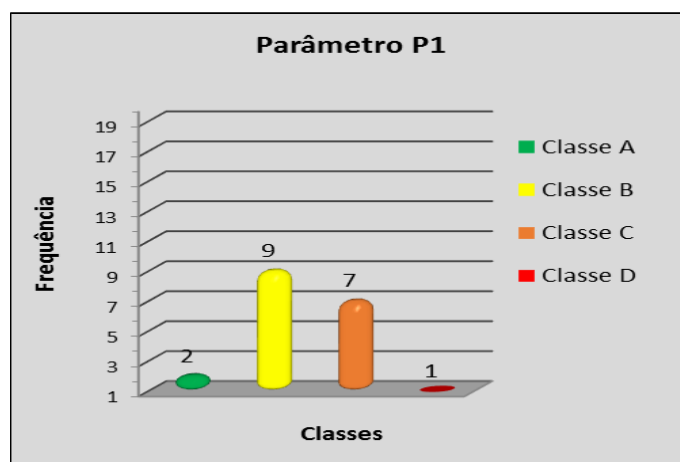


Figura 5.1 – Classificação para o parâmetro P1 – Tipo e Organização do Sistema Resistente

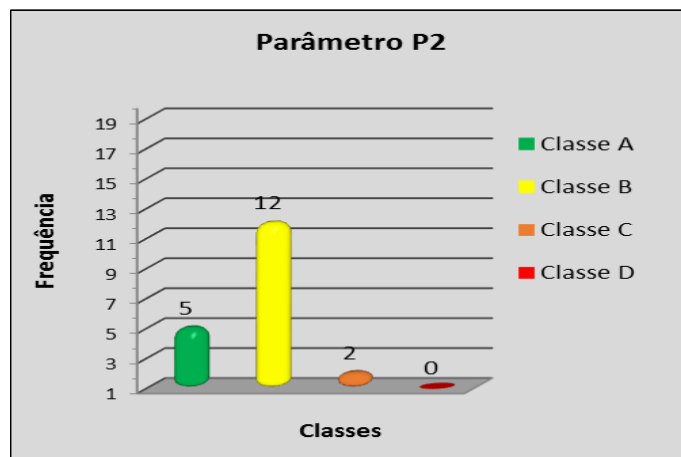


Figura 5.2 – Classificação para o parâmetro P2 – Qualidade do sistema resistente

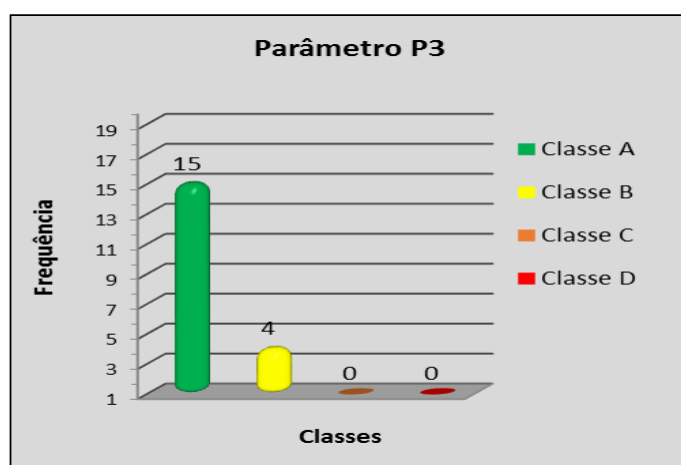


Figura 5.3 – Classificação para o parâmetro P3 – Resistência convencional

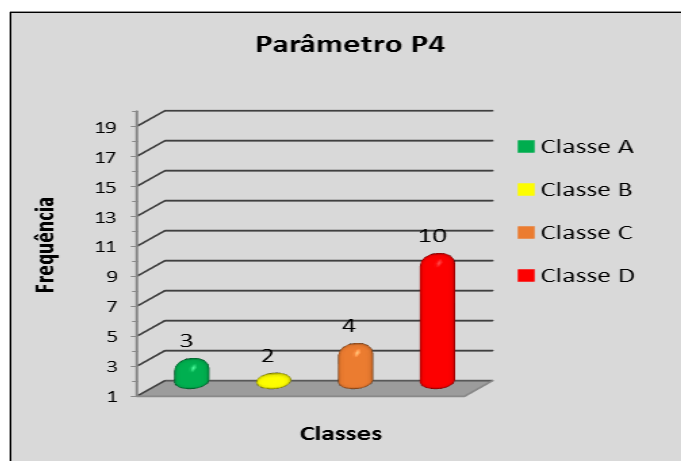


Figura 5.4 – Classificação para o parâmetro P4 – Distância máxima entre paredes

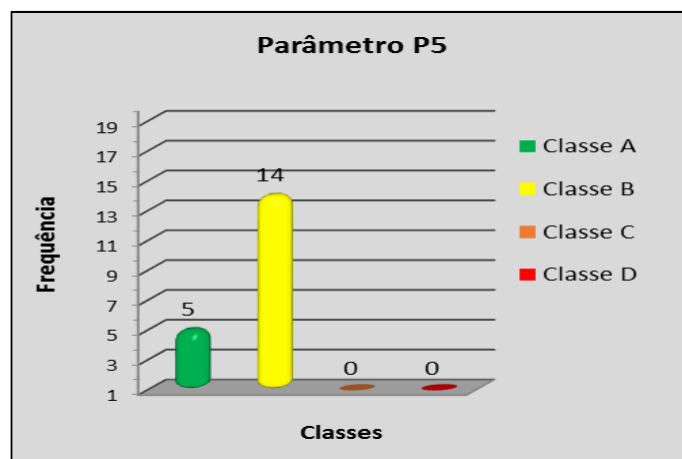


Figura 5.5 – Classificação para o parâmetro P5 – Altura do Edifício

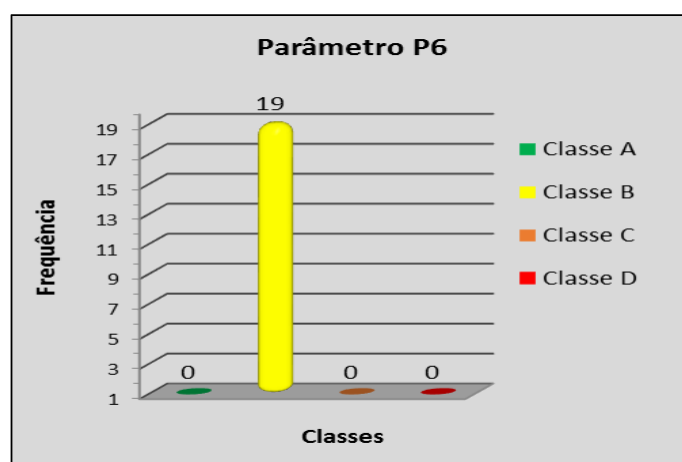


Figura 5.6 – Classificação para o parâmetro P6 – Posição do edifício e fundações

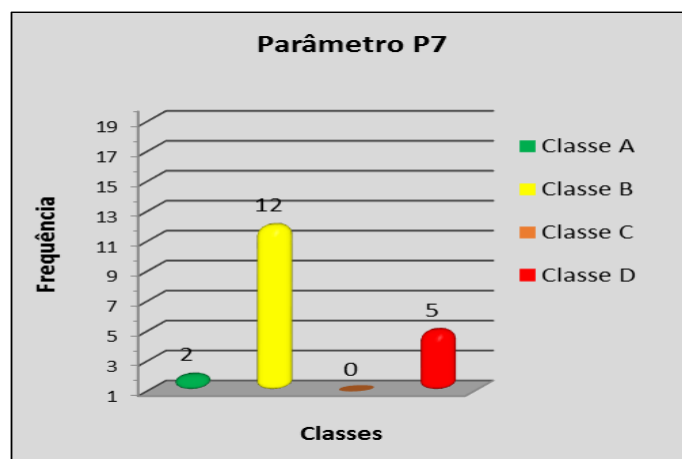


Figura 5.7 – Classificação para o parâmetro P7 – Localização e interação

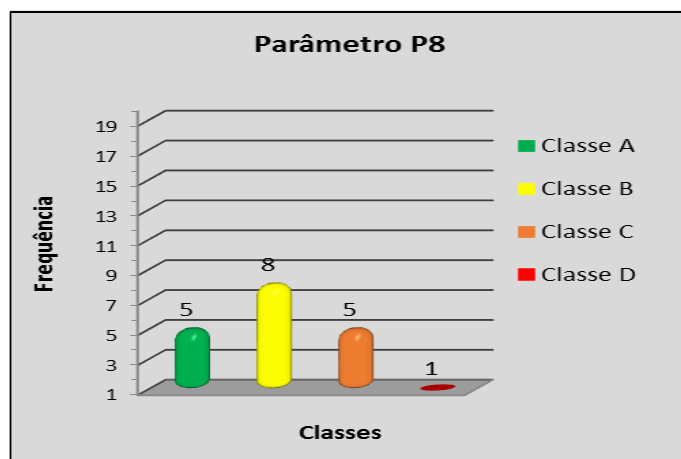


Figura 5.8 – Classificação para o parâmetro P8 – Irregularidade em planta

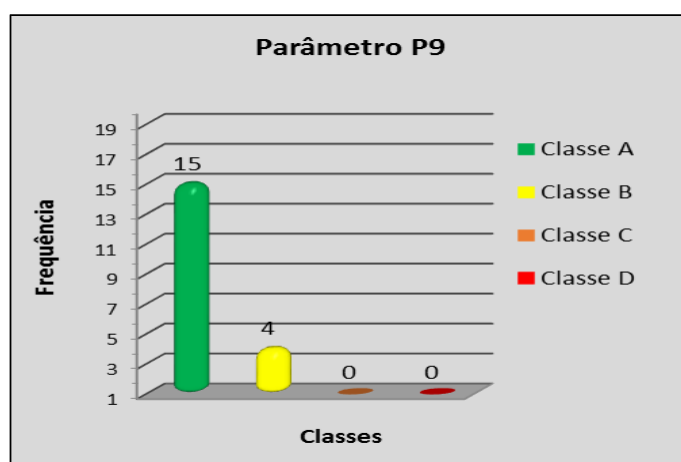


Figura 5.9 – Classificação para o parâmetro P9 – Irregularidade em Altura

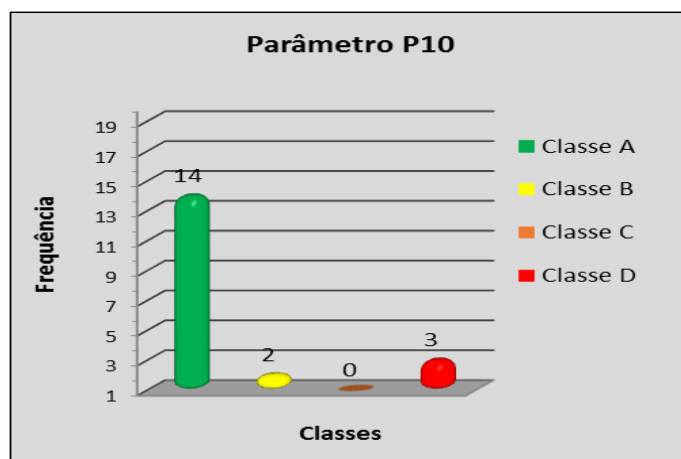


Figura 5.10 – Classificação para o parâmetro P10 – Desalinhamento de aberturas

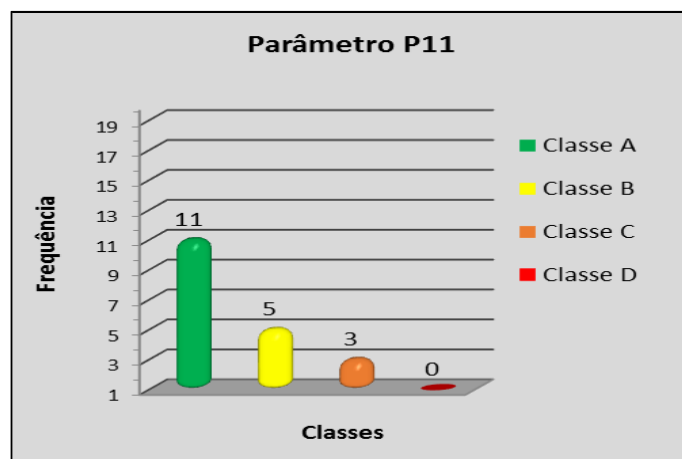


Figura 5.11 – Classificação para o parâmetro P11 – Diafragmas horizontais

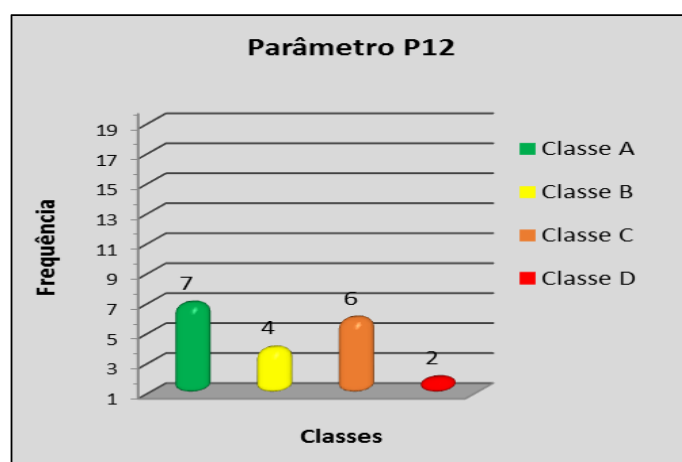


Figura 5.12 – Classificação para o parâmetro P12 – Tipo de cobertura

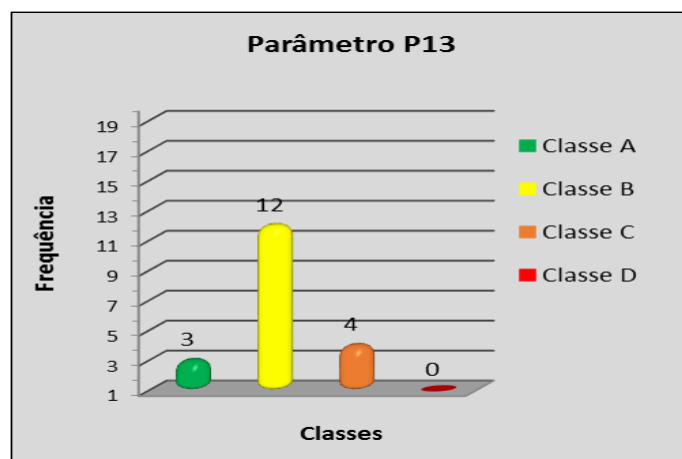


Figura 5.13 – Classificação para o parâmetro P13 – Danos estruturais identificados

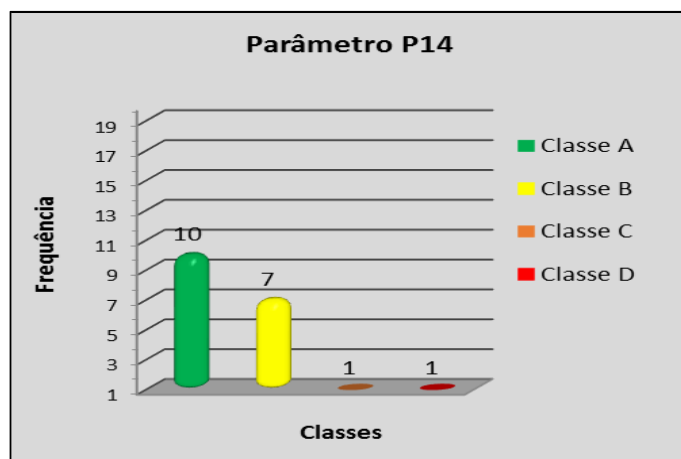


Figura 5.14 – Classificação para o parâmetro P14 – Elementos não estruturais

Verifica-se que o resultado obtido, da análise dos dezanove edifícios, se situa maioritariamente na classe A e B (79.33%), demonstrando que os edifícios em estudo têm um baixo índice de vulnerabilidade.

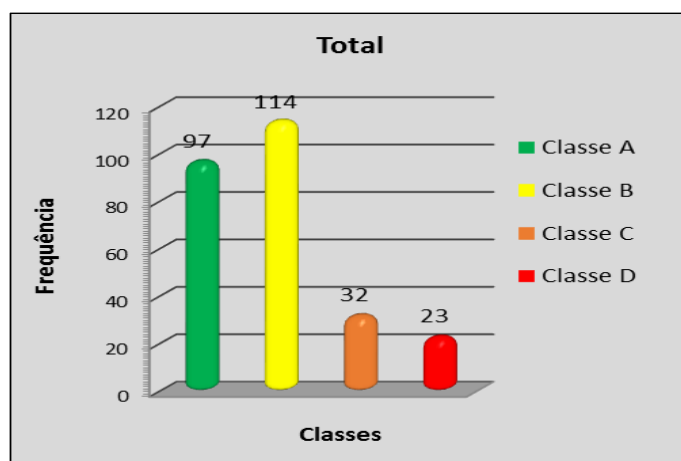


Figura 5.15 – Distribuição das classes de cada parâmetro (Totais)

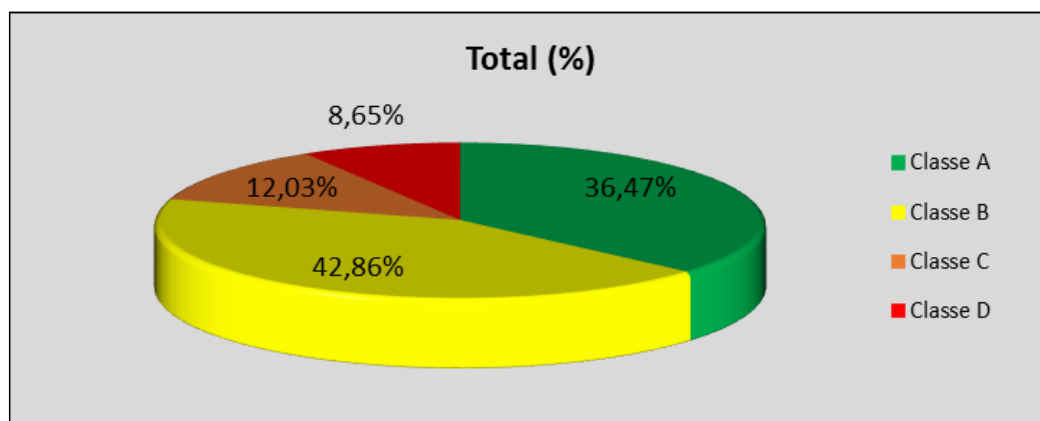


Figura 5.16 – Distribuição das classes de cada parâmetro (%)

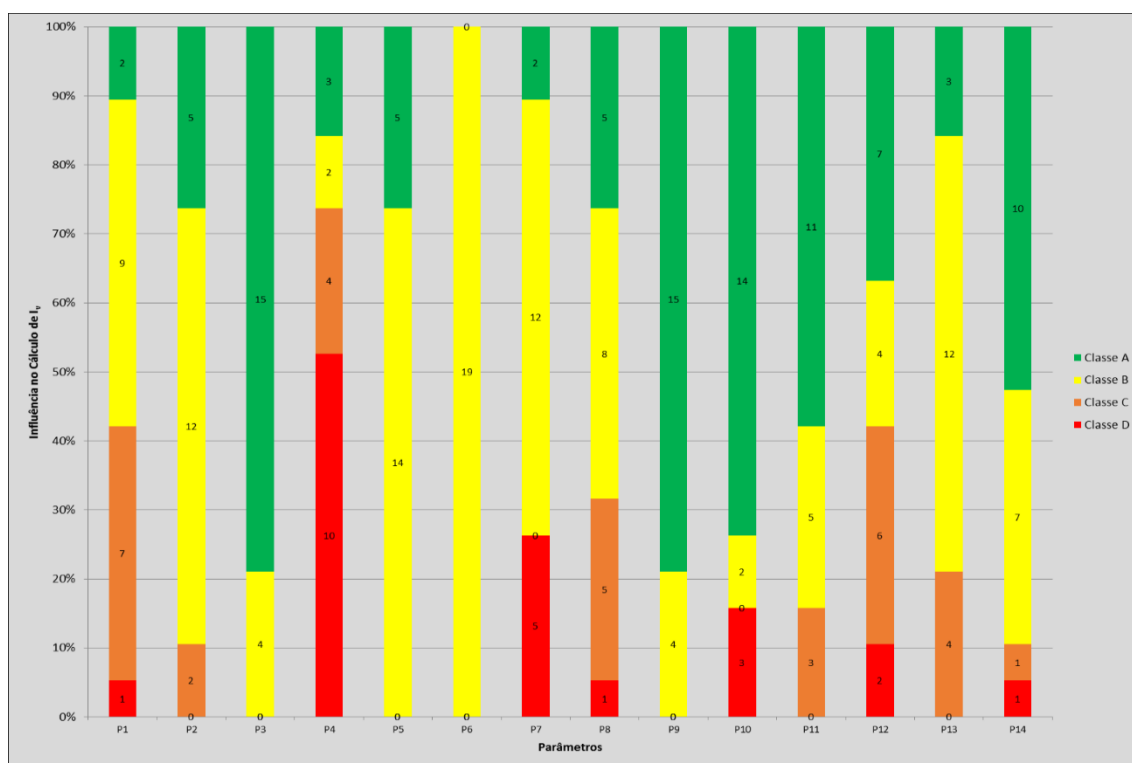


Figura 5.17 – Distribuição das classes de cada parâmetro usado no cálculo do I_v

5.1.2 CÁLCULO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

A aplicação da metodologia do índice de vulnerabilidade a cada um dos dezanove edifícios analisados é apresentada no Quadro 5.1, o cálculo do I_v para cada edifício, sejam eles em estrutura de betão armado ou de alvenaria de pedra, demonstrando que o edifício com menor vulnerabilidade, edifício n.º 2 – Casa dos Tios, apresenta um valor de 5 e o edifício com maior vulnerabilidade, edifício n.º 9 – Casa de Pedra à Vista, apresenta um índice de 33.46. O índice de vulnerabilidade médio calculado tem o valor de 16.03.

Quadro 5.1 – Índice de vulnerabilidade de todos os edifícios

Quadro Comparativo - Total dos Edifícios				
Designação		Data de Inspeção	Índice de Vulnerabilidade	
			I _v [*]	I _v
Edifício 1	Casa dos Franceses	Maio de 2014	158,75	24,42
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 41 - Aljustrel			
Agregado	Lúcia Ferreira			
Edifício 2	Casa dos Tios	Junho de 2014	32,50	5,00
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 75 - Aljustrel			
Agregado	Maria Otília P. dos Santos			
Edifício 3	Casa do Telheiro	Junho de 2014	71,25	10,96
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 59 - Aljustrel			
Agregado	Augusto Vieira da Silva			
Edifício 4	Casa Museu de Aljustrel	Junho de 2014	142,50	21,92
Localização	Rua dos Pastorinhos - Aljustrel			
Agregado	Santuário de Fátima			
Edifício 5	Casa da Irmã Lúcia	Junho de 2014	126,25	19,42
Localização	Rua dos Pastorinhos - Aljustrel			
Agregado	Santuário de Fátima			
Edifício 6	Habitação dos Pais dos Videntes	Junho de 2014	92,50	14,23
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 39 - Aljustrel			
Agregado	Maria Jacinta P. Marto e Outros			
Edifício 7	Edifício Misto PH	Junho de 2014	90,00	13,85
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 66, 68 e 70 - Aljustrel			
Agregado	Carlos P. Pereira e Outros			
Edifício 8	Casa de Jacinta e Francisco	Junho de 2014	160,00	24,62
Localização	Rua dos Pastorinhos - Aljustrel			
Agregado	Santuário de Fátima			
Edifício 9	Casa de Pedra à Vista	Julho de 2014	217,50	33,46
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 25 - Aljustrel			
Agregado	---			
Edifício 10	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	90,00	13,85
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 55 - Aljustrel			
Agregado	António Pereira da Silva			
Edifício 11	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	86,25	13,27
Localização	Rua dos Valinhos, nº 25 - Aljustrel			
Agregado	Anabela Ribeiro Martins			
Edifício 12	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	87,50	13,46
Localização	Rua dos Valinhos, nº 21 - Aljustrel			
Agregado	António de Oliveira Pereira			
Edifício 13	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	65,00	10,00
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 27 - Aljustrel			
Agregado	António Lopes Pereira			
Edifício 14	Edifício de Habitação	Julho de 2014	105,00	16,15
Localização	Rua dos Pastorinhos nº 102 - Aljustrel			
Agregado	Inácia de Jesus Pereira			
Edifício 15	Edifício de Habitação	Julho de 2014	66,25	10,19
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 114 - Aljustrel			
Agregado	Arai Daniel			
Edifício 16	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	76,25	11,73
Localização	Rua dos Valinhos, nº 53 - Aljustrel			
Agregado	Maria do Rosário R. Brites			
Edifício 17	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	78,75	12,12
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 42 - Aljustrel			
Agregado	Adelino Fernandes Vieira			
Edifício 18	Edifício Comercial - Bar	Julho de 2014	113,75	17,50
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 58 - Aljustrel			
Agregado	José Manuel Vieira			
Edifício 19	Edifício Misto de Habitação e Serviços	Julho de 2014	120,00	18,46
Localização	Rua dos Valinhos, nº 116, 118 e 120 - Aljustrel			
Agregado	Arai Daniel			
Índice de Vulnerabilidade Médio			104,21	16,03

Dado que este valor do índice de vulnerabilidade é baixo, optou-se por separar em duas categorias a análise dos índices de vulnerabilidade, Quadro 5.2 para edifícios em estrutura resistente de alvenaria de pedra, sete edifícios e Quadro 5.3 de estrutura de betão armado, doze edifícios.

Verificando-se que o índice de vulnerabilidade de menor valor, 17.50 para esta tipologia de edifício é o n.º18 – Edifício comercial – Bar, e o edifício com maior vulnerabilidade, é o edifício n.º 9 com o valor de 33.46, obtendo-se um $I_{v,médio}$ de 22.83, que deverão por isso ser motivo de maior atenção no estabelecimento de prioridades e estratégias de intervenção.

Quadro 5.2 – Índice de vulnerabilidade dos edifícios com estrutura resistente de alvenaria de pedra

Quadro Comparativo - Estrutura Resistente em Alvenaria de Pedra				
Designação		Data de Inspeção	Índice de Vulnerabilidade	
			I _v [*]	I _v
Edifício 1	Casa dos Franceses	Maio de 2014	158,75	24,42
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 41 - Aljustrel			
Agregado	Lúcia Ferreira			
Edifício 4	Casa Museu de Aljustrel	Junho de 2014	142,50	21,92
Localização	Rua dos Pastorinhos - Aljustrel			
Agregado	Santuário de Fátima			
Edifício 5	Casa da Irmã Lúcia	Junho de 2014	126,25	19,42
Localização	Rua dos Pastorinhos - Aljustrel			
Agregado	Santuário de Fátima			
Edifício 8	Casa de Jacinta e Francisco	Junho de 2014	160,00	24,62
Localização	Rua dos Pastorinhos - Aljustrel			
Agregado	Santuário de Fátima			
Edifício 9	Casa de Pedra à Vista	Julho de 2014	217,50	33,46
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 25 - Aljustrel			
Agregado	---			
Edifício 18	Edifício Comercial - Bar	Julho de 2014	113,75	17,50
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 58 - Aljustrel			
Agregado	José Manuel Vieira			
Edifício 19	Edifício Misto de Habitação e Serviços	Julho de 2014	120,00	18,46
Localização	Rua dos Valinhos, nº 116, 118 e 120 - Aljustrel			
Agregado	Arai Daniel			
Índice de Vulnerabilidade Médio			148,39	22,83

Para os edifícios com estrutura em betão armado o menor índice de vulnerabilidade tem o valor 5, edifício n.º 2 – Casa dos Tios, e o edifício com maior vulnerabilidade, é o edifício n.º 14 com o valor de 16.15, obtendo-se um $I_{v,médio}$ de 12.07.

Quadro 5.3 – Índice de vulnerabilidade dos edifícios em estrutura de betão armado

Quadro Comparativo - Estrutura de Betão Armado				
Designação		Data de Inspeção	Índice de Vulnerabilidade	
			I _v [*]	I _v
Edifício 2	Casa dos Tios	Junho de 2014	32,50	5,00
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 75 - Aljustrel			
Agregado	Maria Otília P. dos Santos			
Edifício 3	Casa do Telheiro	Junho de 2014	71,25	10,96
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 59 - Aljustrel			
Agregado	Augusto Vieira da Silva			
Edifício 6	Habitação dos Pais dos Videntes	Junho de 2014	92,50	14,23
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 39 - Aljustrel			
Agregado	Maria Jacinta P. Marto e Outros			
Edifício 7	Edifício Misto PH	Junho de 2014	90,00	13,85
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 66, 68 e 70 - Aljustrel			
Agregado	Carlos P. Pereira e Outros			
Edifício 10	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	90,00	13,85
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 55 - Aljustrel			
Agregado	António Pereira da Silva			
Edifício 11	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	86,25	13,27
Localização	Rua dos Valinhos, nº 25 - Aljustrel			
Agregado	Anabela Ribeiro Martins			
Edifício 12	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	87,50	13,46
Localização	Rua dos Valinhos, nº 21 - Aljustrel			
Agregado	António de Oliveira Pereira			
Edifício 13	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	65,00	10,00
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 27 - Aljustrel			
Agregado	António Lopes Pereira			
Edifício 14	Edifício de Habitação	Julho de 2014	105,00	16,15
Localização	Rua dos Pastorinhos nº 102 - Aljustrel			
Agregado	Inácia de Jesus Pereira			
Edifício 15	Edifício de Habitação	Julho de 2014	66,25	10,19
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 114 - Aljustrel			
Agregado	Arai Daniel			
Edifício 16	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	76,25	11,73
Localização	Rua dos Valinhos, nº 53 - Aljustrel			
Agregado	Maria do Rosário R. Brites			
Edifício 17	Edifício Misto de Comércio e Habitação	Julho de 2014	78,75	12,12
Localização	Rua dos Pastorinhos, nº 42 - Aljustrel			
Agregado	Adelino Fernandes Vieira			
Índice de Vulnerabilidade Médio			78,44	12,07

Com o objetivo de se obter uma classificação das construções tradicionais em alvenaria de pedra calcária para o núcleo de Aljustrel, de acordo com a escala macrossísmica europeia EMS-98 (Grünthal 1998), obtém-se uma relação entre o índice de vulnerabilidade médio e classe de vulnerabilidade tipológica como apresentado no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 – Índice de vulnerabilidade, classificação da classe de vulnerabilidade e tipologia estrutural

$I_{v,médio}$ – Índice de vulnerabilidade médio	Classe de vulnerabilidade, EMS-98	Tipologia estrutural, EMS-98
22.83	A e B	“Alvenaria de pedra irregular”

Constata-se da análise dos resultados que 42.9% dos edifícios se encontram na Classe A, valor compreendido entre 0 e 20, e 57.1% dos edifícios se encontram na classe B, valor compreendido entre 20 e 40, indicando assim que o índice de vulnerabilidade é baixo/moderado.

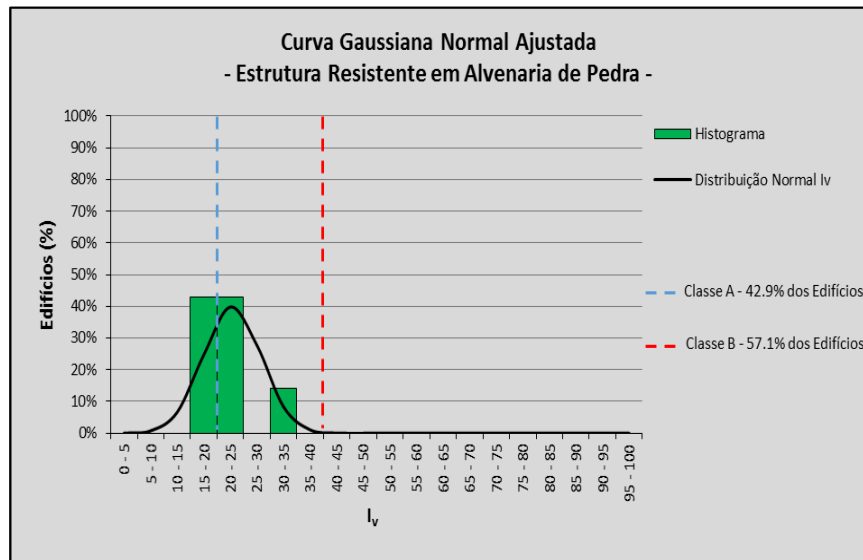


Figura 5.18 – Curva gaussiana normal ajustada

O desvio padrão, σ_{I_v} , calculado através da equação (1), associado à avaliação com a metodologia adotada de forma detalhada é muito baixo, cerca de 5.46. O reduzido valor e baixa variabilidade do desvio padrão é um bom indicador de dois aspetos: revela sobretudo a homogeneidade da tipologia construtiva avaliada e ainda a fiabilidade dos resultados conseguidos.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - X)^2 + (x_2 - X)^2 + \dots + (x_n - X)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{n - 1}} \quad (1)$$

5.2 FRAGILIDADES ESTRUTURAIS

Como é do conhecimento geral, os edifícios mais antigos têm sofrido, por vezes, ao longo dos anos, intervenções significativas do ponto de vista estrutural, devido à falta de conhecimento técnico no que respeita ao comportamento destes edifícios e adaptações a novos usos e funcionalidades. O uso de estruturas mistas de betão armado e metálicas pesadas, na constituição de novos pavimentos e coberturas inclinadas em muitos casos, tendem a aumentar a vulnerabilidade inerente destas construções, por um lado, devido ao aumento da massa concentrada a estes níveis sem uma contribuição efetiva para a rigidez global da estrutura e, por outro, pelas deficientes condições de ligação entre os pavimentos/cobertura e as paredes. Por outro lado, alterações frequentes que afetam significativamente a segurança dos edifícios antigos é a supressão de paredes e abertura de grandes vãos nas paredes exteriores, sobretudo ao nível dos pisos inferiores (adaptação de espaços habitacionais para comércio e serviços), reduzindo assim a resistência às ações horizontais e consequentemente piorando o desempenho sísmico.

No caso concreto no edificado de Aljustrel as construções existentes não foram alvo destas alterações, mantendo-se na generalidade a tipologia construtiva inicial.

5.3 GRAU DE CONFIANÇA

Uma vez que existe um nível de incerteza associado à escolha da classe de vulnerabilidade de cada parâmetro na definição do I_v como consequência do modo como foram efetuadas as inspeções, pelo facto de não se visualizar sempre explicitamente determinados elementos, foi estabelecido uma classificação para um grau de confiança, com o intuito de associar a cada parâmetro avaliado uma medida da fiabilidade da escolha efetuada para a classe de vulnerabilidade (R. d. Vicente 2008).

Em cada edifício e para cada parâmetro foi definido um indicador do grau de confiança na atribuição da classe de vulnerabilidade. Para lidar com a incerteza na atribuição da classe de cada parâmetro (por exemplo, a falta de observação direta de um elemento ou solução construtiva), foi adotada uma definição de quatro níveis para o grau de confiança da classificação do parâmetro (E-M-B-A), com a motivação de melhorar e controlar a qualidade dos resultados do índice de vulnerabilidade:

- E** - Informação de elevada qualidade: Informação observada diretamente ou medida *in-situ* com apoio de registos geométricos. Recurso a sondagens de prospeção;
- M** - Informação de média qualidade: Informação oral fiável, conhecimento profundo da construção antiga local e tecnologia construtiva, visualização de fotografias e informação de situações análogas;
- B** - Informação de qualidade medíocre: Informação baseada na suposição, com um grau de certeza baixo, por vezes de escolha casual;
- A** - Ausência de informação: Escolha aleatória, podendo-se fixar este grau de certeza, na impossibilidade de avaliar um determinado parâmetro, em todos os casos, arbitrando um valor indicativo.

No Quadro 5.5 apresenta-se, a título de exemplo, uma descrição geral dos níveis do grau de confiança não adaptados especificamente para a avaliação de cada um dos parâmetros, remetendo para consulta do Anexo C, as tabelas dos graus de confiança referentes a cada um dos parâmetros avaliados, com aspetos específicos para cada parâmetro.

Quadro 5.5 – Definição geral dos níveis do grau de confiança (R. d. Vicente 2008)

E	Informação de origem directa, isto é, através da observação visual <i>in-situ</i> por meio de prospecções locais que permitem avaliar as condições reais da construção ou ainda pela consulta do projecto (se existente), das suas peças desenhadas e pormenores. Informação com um grau de confiança próxima do exacto.
M	Informação predominantemente deduzida, através de leitura indirecta por meio da consulta de fotografias, ensaios não destrutivos de mediana fiabilidade, consulta de informação directa de construções vizinhas semelhantes, recolha de opiniões técnicas e ainda de informação oral credível.
B	Informação presumida em hipóteses cognitivas razoáveis de procedimentos usuais e comuns de execução à época, tradição da construção na região e ainda informação oral variável (por vezes discordante).
A	Informação adoptada com um grau de certeza limiar, de escolha casual. Neste caso, a atribuição da classe do parâmetro é puramente indicativa.

Na Figura 5.19 apresenta-se o histograma do grau de confiança global resultante dos índices de vulnerabilidade para os 19 edifícios (média ponderada com os pesos, p_i , de cada um dos parâmetros) e que na maioria dos casos foi de grau Baixo e Elevado (B/E). Realça-se que para além do bom grau de confiança obtido em termos gerais para este caso de estudo, as razões associadas à escolha da classe do parâmetro são, desta forma, sempre conhecidas pela definição do grau de confiança (E-M-B-A).

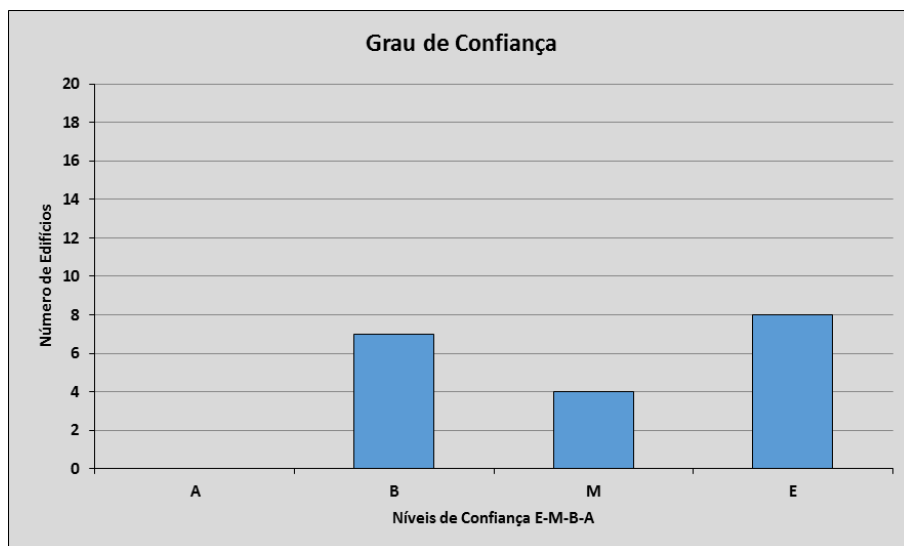


Figura 5.19 – Histograma do grau de confiança

5.4 ESTIMATIVA DE DANOS

5.4.1 DISTRIBUIÇÃO E CENÁRIOS DE DANO

Depois de obtido o índice de vulnerabilidade, I_v , com a metodologia adotada, foi estimado o grau de dano médio, μ_D , para cada edifício, com recurso à expressão (2). A função de vulnerabilidade hiperbólica, também foi proposta originalmente nos estudos de Sandi (Sandi, Dolce, et al. 1990) e de Giovinazzi e Lagomarsino (Giovinazzi e Lagomarsino 2004) impulsionaram a sua tradução analítica pela validação baseada na vulnerabilidade observada, isto é, a partir das distribuições de dano contidas nas matrizes de probabilidade de dano, nomeadamente nas indicadas na escala EMS-98 (Grünthal 1998).

$$\mu_D = 2.5 + 3 \times \tanh\left(\frac{I + 6.25 \times V - 12.7}{Q}\right) \times f(V, I) \quad 0 \leq \mu_D \leq 5 \quad (2)$$

$$f(V, I) = \begin{cases} e^{\frac{V}{2} \times (I-7)} & I \leq 7 \\ 1 & I > 7 \end{cases} \quad 0 \leq \mu_D \leq 5 \quad (3)$$

O valor de dano médio, μ_D , (que varia entre 0 a 5) depende do índice de vulnerabilidade definido, V (que pode ser correlacionado com o I_v) da intensidade sísmica, I (EMS-98), e ainda do fator de ductilidade (controlado pelo valor de Q), característica de uma dada tipologia construtiva ou grupo de construções e toma um valor entre 1.5 e 3.0, no caso de construções em alvenaria.

Para o presente caso de estudo, o fator de ductilidade utilizado foi de 3.0 (o valor de Q define a inclinação da função de vulnerabilidade, isto é, o incremento de dano com a intensidade). Este é o valor que conduz ao melhor ajuste entre as curvas de vulnerabilidade propostas pela metodologia do GNDT II (GNDT-SSN 1994) e as curvas de vulnerabilidade da metodologia macrossísmica.

Na Figura 5.20 são apresentadas as curvas de vulnerabilidade, no formato EMS-98- μ_D , construídas para o valor médio do índice de vulnerabilidade médio estimado para os edifícios em alvenaria de Aljustrel ($I_{v,médio} = 22.83$), assim como para outros valores característicos da distribuição gaussiana, definidos pela adição e subtração, de uma e duas vezes do valor obtido para o desvio padrão ($\sigma_{I_v} = 5.46$) da distribuição do índice de vulnerabilidade médio para os 7 edifícios em alvenaria de pedra (R. Vicente, et al. 2007).

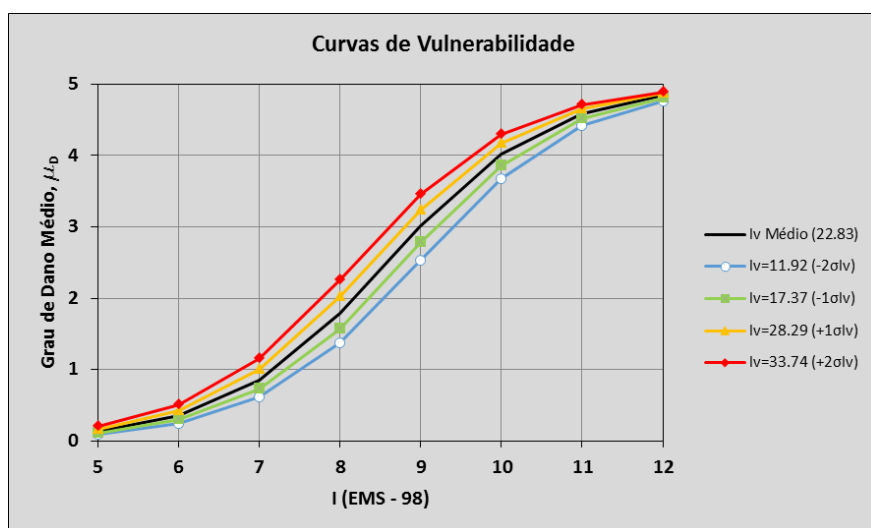


Figura 5.20 – Curvas de Vulnerabilidade

Com o grau de dano médio, μ_D , podem-se definir histogramas de dano para diferentes intensidades sísmicas e valores de vulnerabilidade com base probabilística. Frequentemente são utilizadas as funções de probabilidade binomial e beta na construção de histogramas de distribuição de dano (Spence, et al. 2003). A probabilidade associada à função de distribuição de cada grau de dano, D_k , com $k \in [0, 5]$ pode ser calculada pela função de distribuição de probabilidade binomial:

$$PMF: \rho_k = \frac{5!}{k! (5-k)!} \times \frac{\mu_D}{5} \times \left(1 - \frac{\mu_D}{5}\right)^{5-k} \quad (4)$$

$$n \geq 0 \quad ; \quad 0 \leq p_k \leq 1$$

em que: ρ_k é a probabilidade de ocorrência de um determinado grau de dano, D_k , com k e $[0; 5]$. O uso de uma função binomial é justificado pela boa aproximação a muitos resultados de danos observados em edifícios pós-sismo (Braga, Dolce e Liberatore 1982). Porém, a sua elevada dispersão conduz a resultados de estimativa de dano sobrestimados ou subestimados mesmo em casos em que a intensidade sísmica é baixa e elevada, correspondendo a valores do grau de dano médio, μ_D , baixo e elevado respetivamente. Uma alternativa proposta, foi o uso de uma combinação de funções de probabilidade binomiais que do ponto de vista operativo não é muito desejável (Spence, et al. 2003).

As distribuições de dano adotadas neste trabalho são construídas a partir de uma função de densidade de probabilidade beta, uma vez que o seu uso se apresenta mais versátil, podendo controlar-se a distribuição pelos próprios parâmetros que definem a sua geometria, t e r , permitindo ajustar a função de distribuição a distribuições de dano resultantes de estudos mais detalhados, no que diz respeito à avaliação da vulnerabilidade (S. Giovinazzi 2005), usando a expressão seguinte:

$$PDF: \rho_\beta(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \times \Gamma(t-r)} \times \frac{(x-a)^{r-1} \times (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}} \quad (5)$$

$$a \leq x \leq b$$

Esta expressão define a função densidade de probabilidade contínua, em que: r e t são os parâmetros que controlam a geometria da distribuição beta (dispersão da função); a e b os limites da distribuição; e, Γ , a conhecida função gamma. Assumindo, $a = 0$ e $b = 5$, pode-se escrever ainda de forma simplificada (R. d. Vicente 2008):

$$\rho_\beta(x) = \Gamma(t, r) \times \frac{x^{r-1}(5-x)^{t-r-1}}{5^{t-1}} \quad (6)$$

onde: para a variável contínua, x , a variância (σ_x^2) e o valor médio, μ_x , são relacionáveis com r e t do seguinte modo:

$$t = \frac{\mu_x(5 - \mu_x)}{\sigma_x^2} - 1 \quad (7)$$

$$r = t \times \frac{\mu_x}{5} \quad (8)$$

Pretendendo-se uma distribuição discreta, pode-se definir a probabilidade associada a cada grau de dano, D_k , com $k \in [0, 5]$, da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 P(D_0) &= p(0) = \int_0^{0.5} k(t, r) \times x^{r-1} (5-x)^{t-r-1} dx \\
 P(D_k) &= p(k) = \int_{k-0.5}^{k+0.5} k(t, r) \times x^{r-1} (5-x)^{t-r-1} dx \\
 P(D_5) &= p(5) = \int_{4.5}^5 k(t, r) \times x^{r-1} (5-x)^{t-r-1} dx
 \end{aligned} \tag{9}$$

$k = 1, 2, 3 \text{ ou } 4$

A distribuição discreta de dano é assim caracterizada pelo grau de dano médio, μ_D , e pela sua variância (σ^2_x). Assumindo uma relação análoga entre os parâmetros da distribuição beta discreta e contínua, obtém-se a seguinte expressão que define a variância da distribuição discreta de dano (R. d. Vicente 2008):

$$\sigma^2_D = \frac{\mu_D \times (b + a - \mu_D) - b \times a}{t + 1} \tag{10}$$

A variância, σ^2_D , é definida em função do grau de dano médio, μ_D , e dos parâmetros a , b e t . O valor de t escolhido corresponde ao valor da variância intrínseca das distribuições constantes nas matrizes de probabilidade de dano da escala EMS-98 (Grünthal 1998) como proposto pela metodologia macrossísmica para todas as diferentes intensidades. A distribuição de dano é assim caracterizada por um valor do grau de dano médio, μ_D , com uma dispersão dada pelo desvio padrão (ou variância ao quadrado) correspondente ao parâmetro t (parâmetro que define a geometria da distribuição beta) (R. Vicente, et al. 2007).

O valor do grau de dano médio, μ_D , é obtido em função da vulnerabilidade e da intensidade, como exposto nas equações (2) e (3), não sendo definida a variância previamente, e por esta razão, a dispersão e geometria da distribuição de dano é definida pelo grau de dano médio, μ_D , e o parâmetro t . Os valores de t são escolhidos usando a informação deduzida da escala macrossísmica europeia, EMS-98 (Grünthal 1998), porque contem uma matriz de probabilidade de dano (MPD), associada a cada classe de vulnerabilidade e diferentes intensidades, mesmo que de uma forma incompleta e vaga (R. d. Vicente 2008).

Da Figura 5.21 à Figura 5.28 apresentam-se distribuições de dano estimadas, usando distribuições beta ($t = 12$; $a = 0$; $b = 5$), para as intensidades sísmicas V a XII, para o valor médio do índice de vulnerabilidade estimado para os edifícios em alvenaria de pedra do núcleo urbano de Aljustrel, $I_{v,médio} = 22.83$.

No entanto, esta estimativa de dano é apenas o primeiro passo na avaliação do risco. A avaliação de perdas económicas e humanas será efetuada na Secção 5.5- *Avaliação de perdas*.

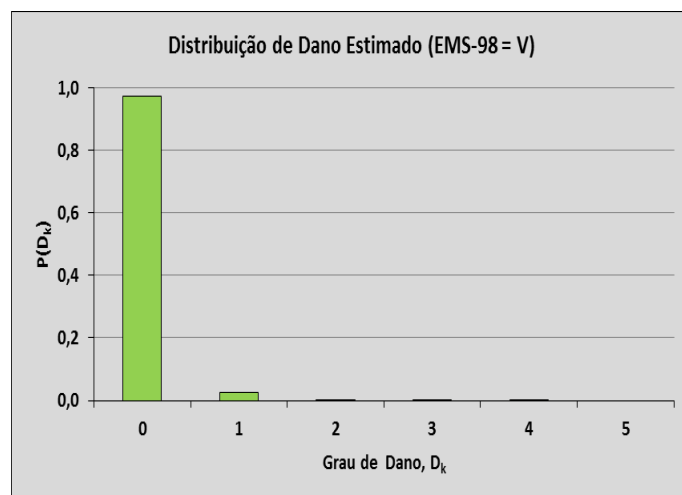


Figura 5.21 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio}$ (EMS-98=V)

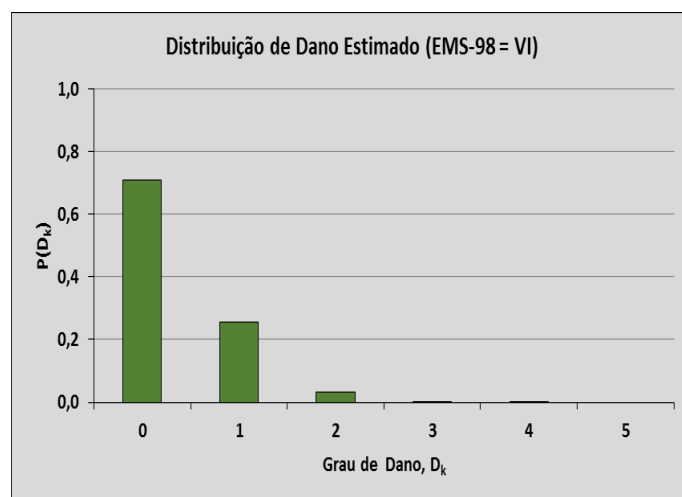


Figura 5.22 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio}$ (EMS-98=VI)

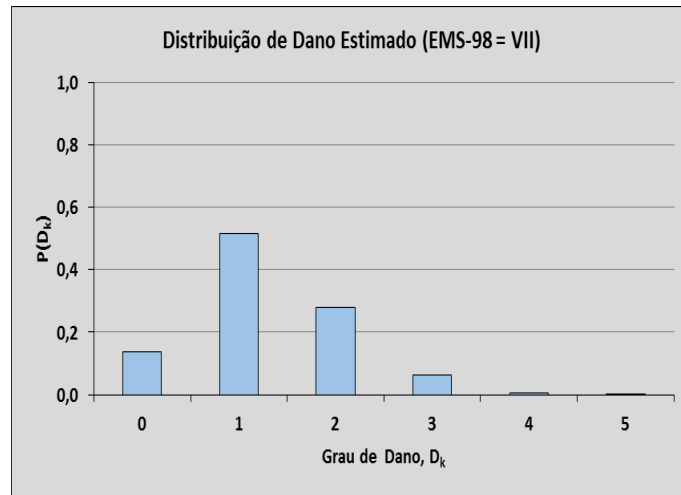


Figura 5.23 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio}$ (EMS-98=VII)

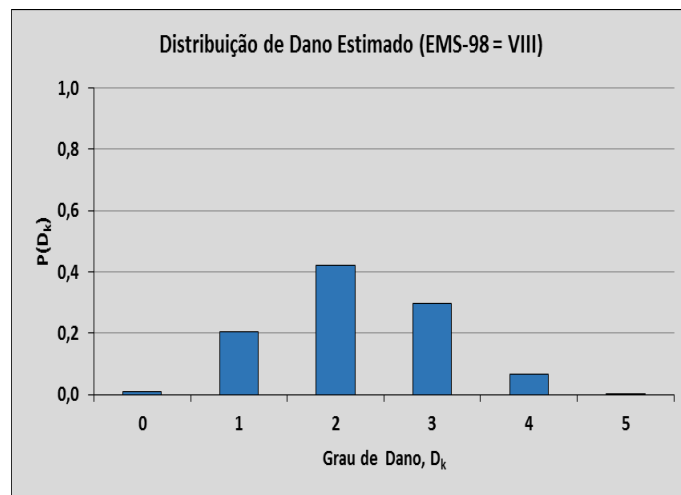


Figura 5.24 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio}$ (EMS-98=VIII)

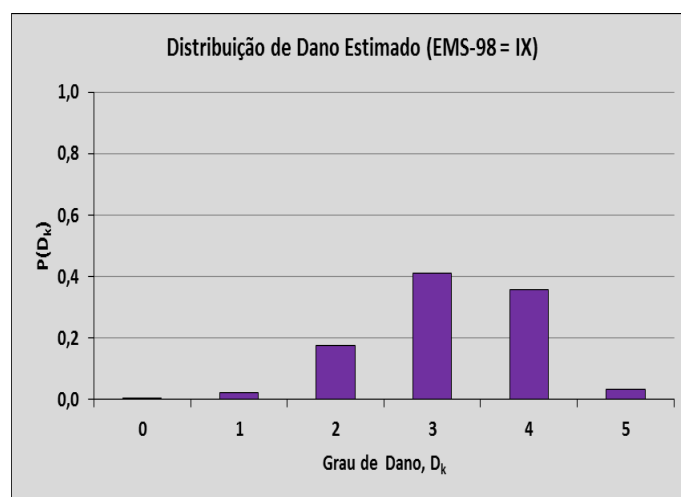


Figura 5.25 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio}$ (EMS-98=IX)

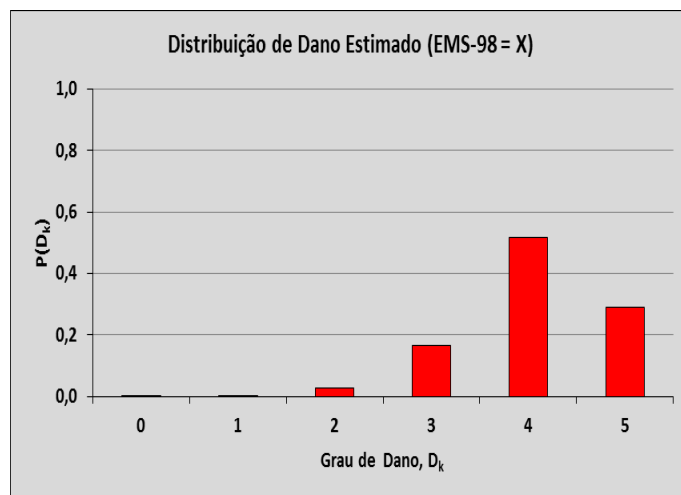


Figura 5.26 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio}$ (EMS-98=X)

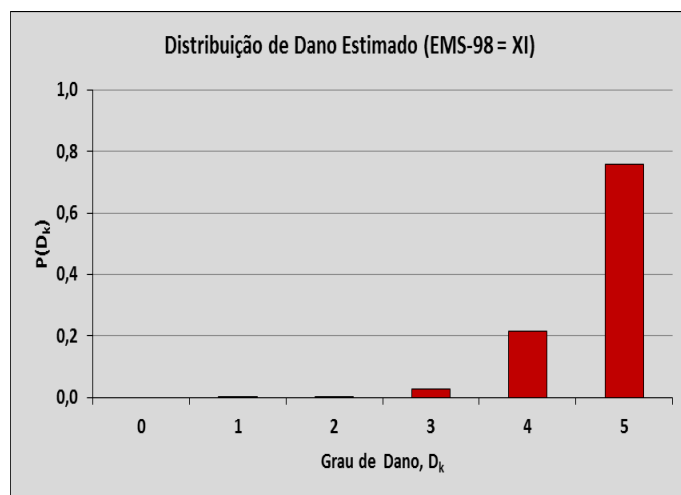


Figura 5.27 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio}$ (EMS-98=XI)

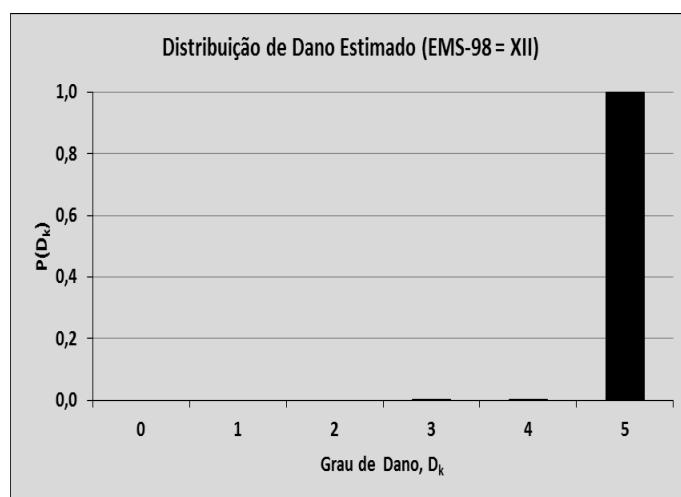


Figura 5.28 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio}$ (EMS-98=XII)

Da Figura 5.29 à Figura 5.36 apresentam-se distribuições de dano estimadas, para as intensidades sísmicas V a XII, para o valor médio do índice de vulnerabilidade subtraído de duas vezes o desvio padrão, $I_{v,médio-2\sigma} = 11.92$.

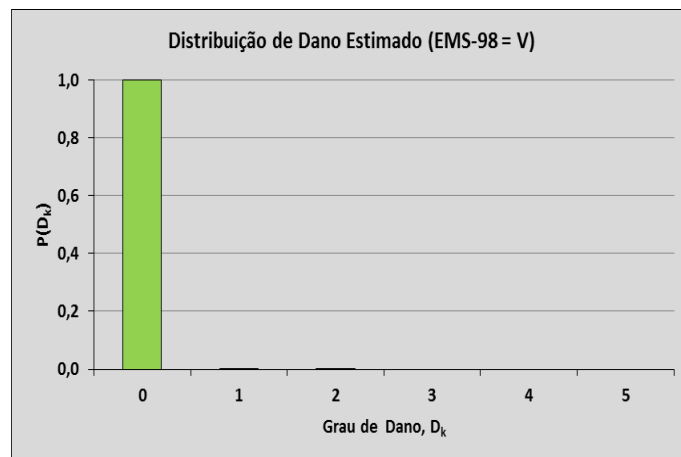


Figura 5.29 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 2\sigma$ (EMS-98=V)

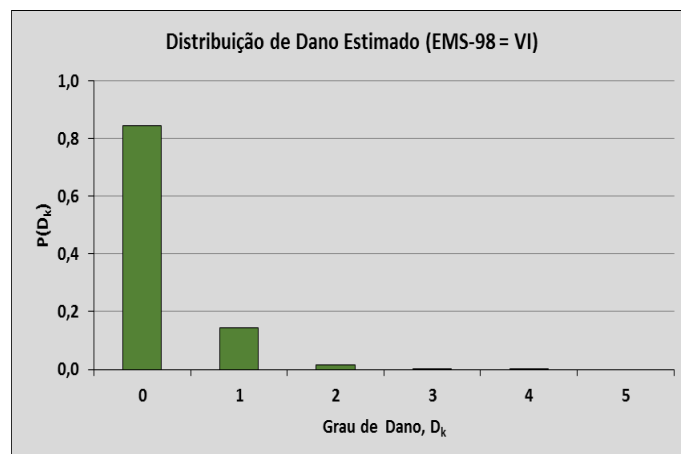


Figura 5.30 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 2\sigma$ (EMS-98=VI)

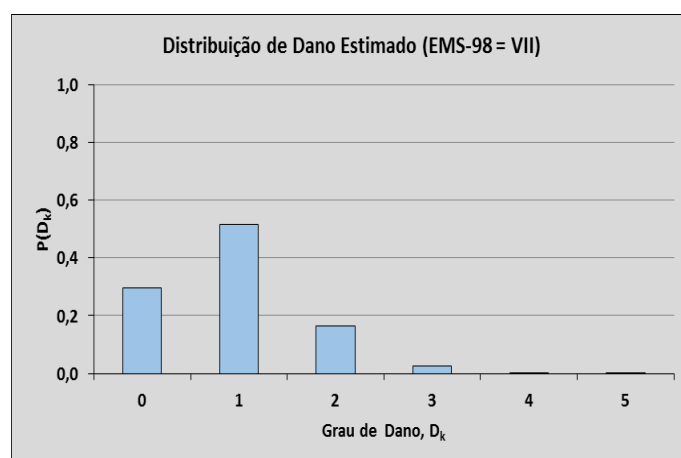


Figura 5.31 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 2\sigma$ (EMS-98=VII)

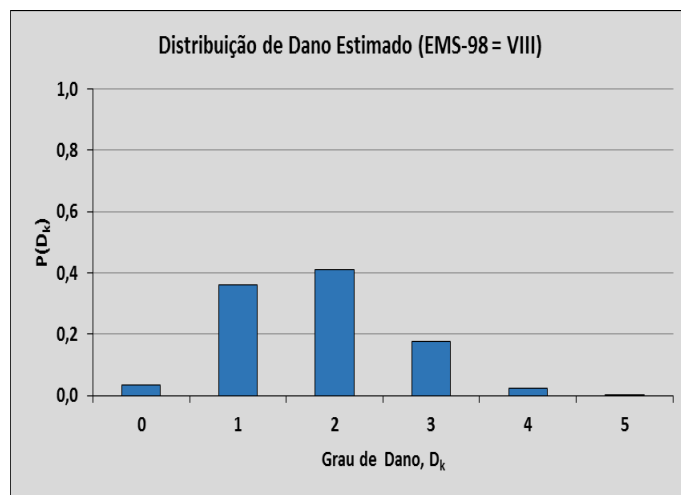


Figura 5.32 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 2\sigma$ (EMS-98=VIII)

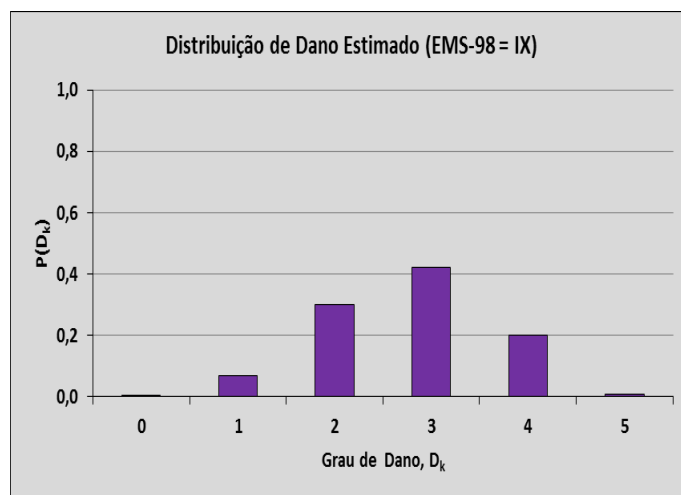


Figura 5.33 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 2\sigma$ (EMS-98=IX)

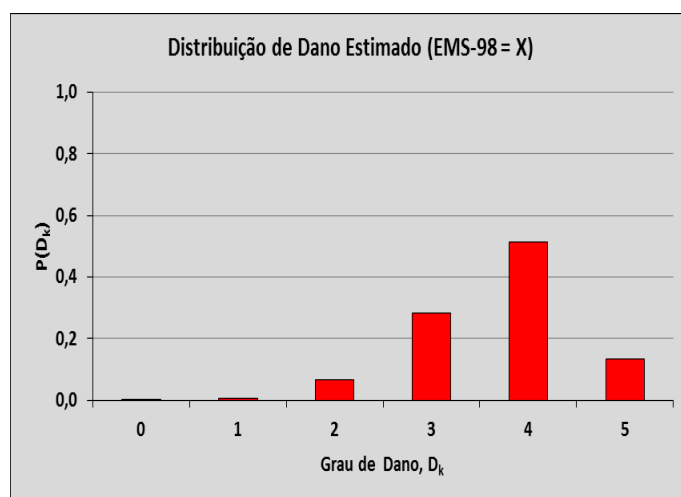


Figura 5.34 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 2\sigma$ (EMS-98=X)

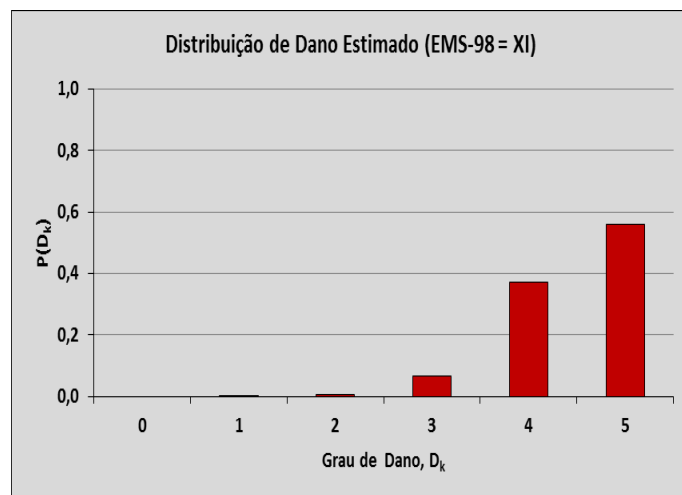


Figura 5.35 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 2\sigma$ (EMS-98=XI)

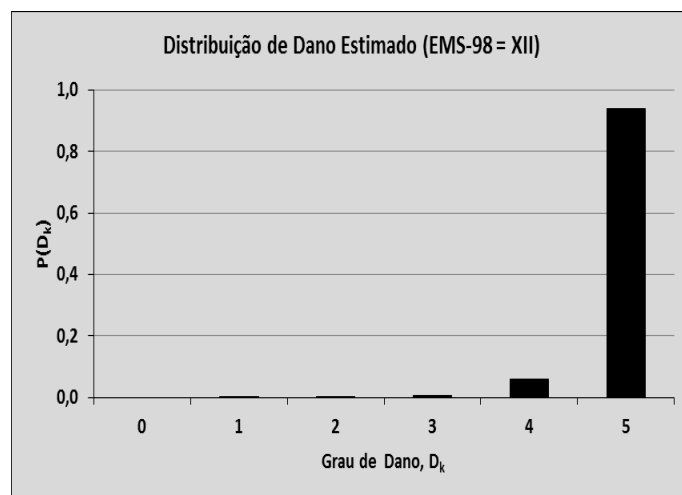


Figura 5.36 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 2\sigma$ (EMS-98=XII)

Da Figura 5.37 à Figura 5.44 apresentam-se distribuições de dano estimadas, para as intensidades sísmicas V a XII, para o valor médio do índice de vulnerabilidade subtraído de uma vez o desvio padrão, $I_{v,médio-1\sigma} = 17.37$.

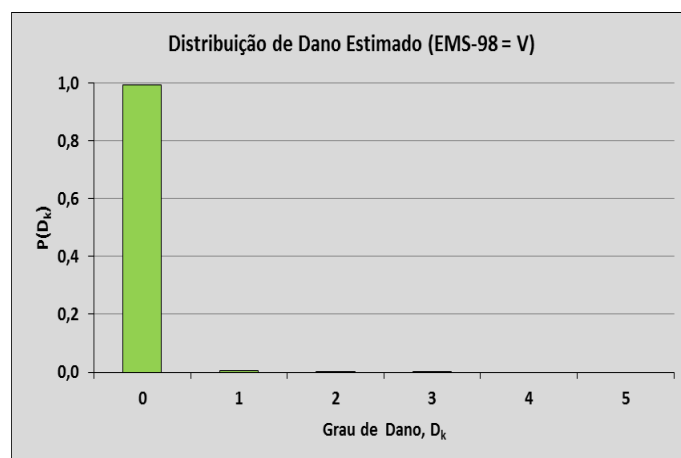


Figura 5.37 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 1\sigma$ (EMS-98=V)

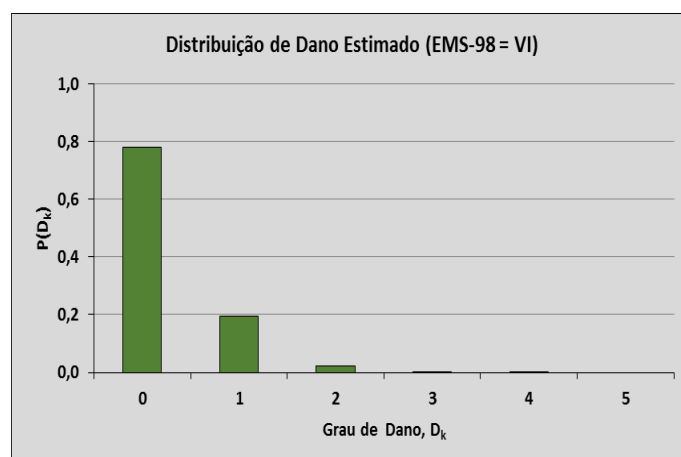


Figura 5.38 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 1\sigma$ (EMS-98=VI)

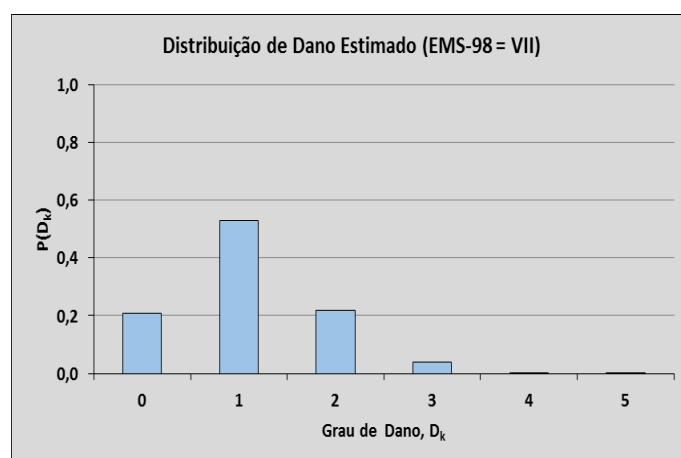


Figura 5.39 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 1\sigma$ (EMS-98=VII)

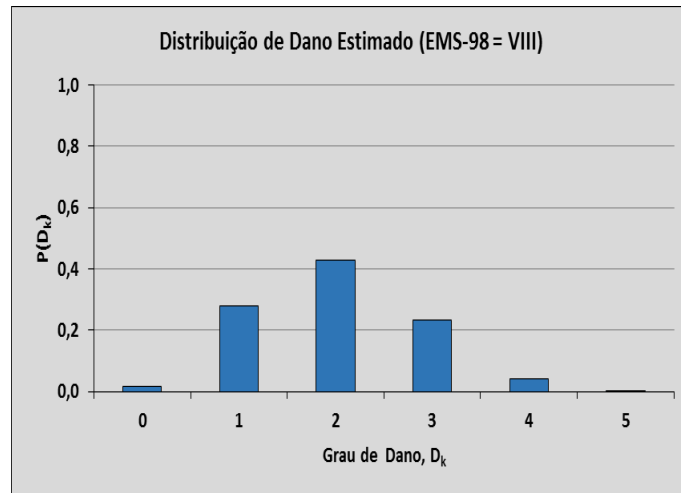


Figura 5.40 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 1\sigma$ (EMS-98=VII)

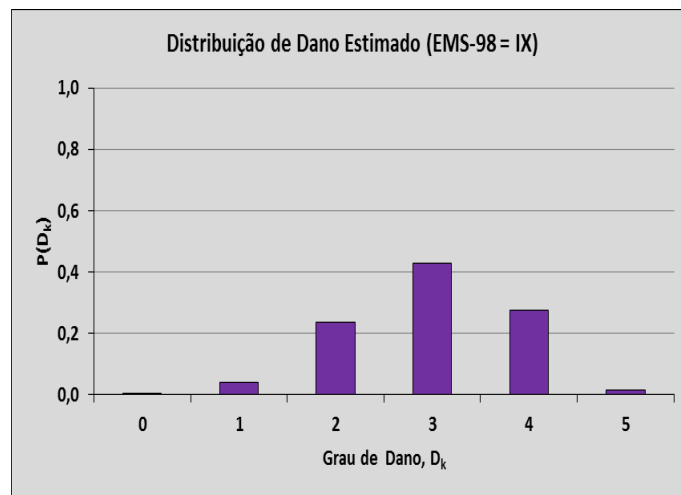


Figura 5.41 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 1\sigma$ (EMS-98=IX)

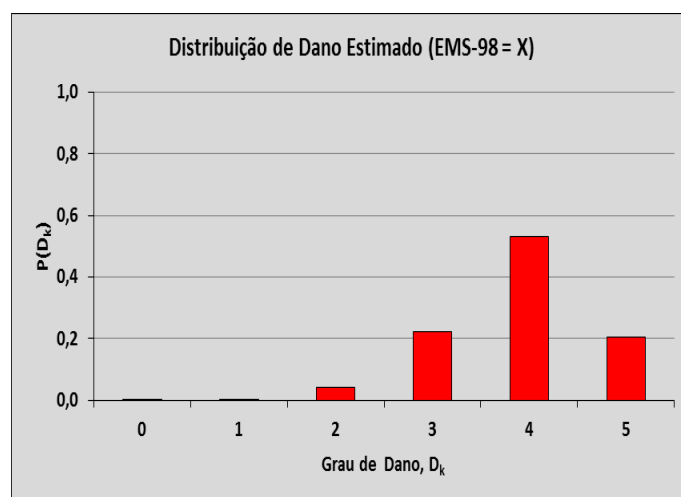


Figura 5.42 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 1\sigma$ (EMS-98=X)

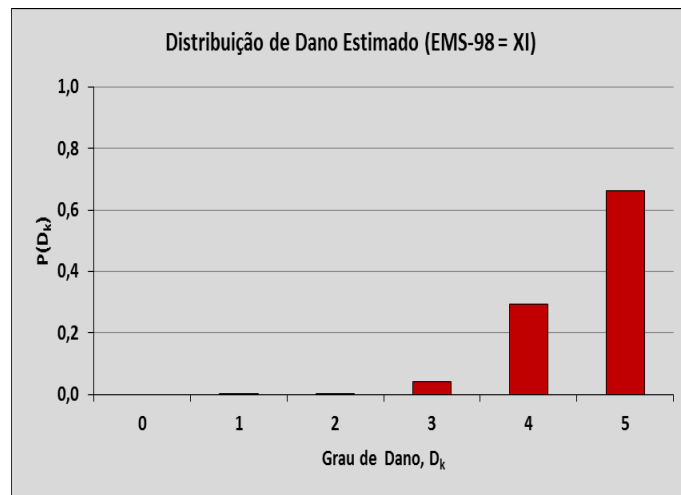


Figura 5.43 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 1\sigma$ (EMS-98=XI)

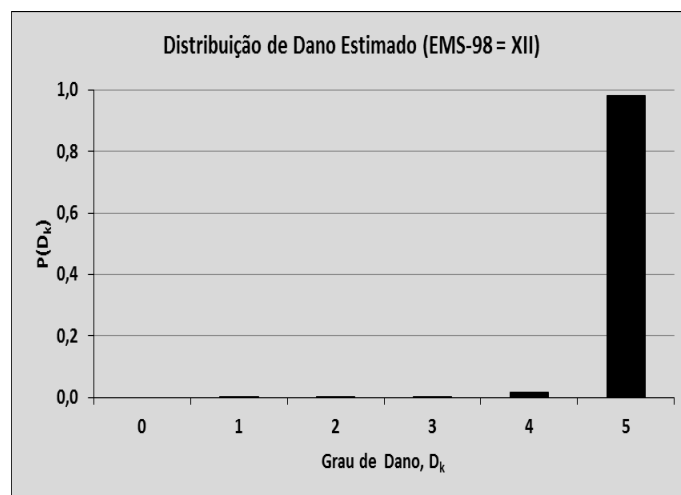


Figura 5.44 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} - 1\sigma$ (EMS-98=XII)

Da Figura 5.45 à Figura 5.52 apresentam-se distribuições de dano estimadas, para as intensidades sísmicas V a XII, para o valor médio do índice de vulnerabilidade adicionando uma vez o desvio padrão, $I_{v,médio+1\sigma} = 28.29$.

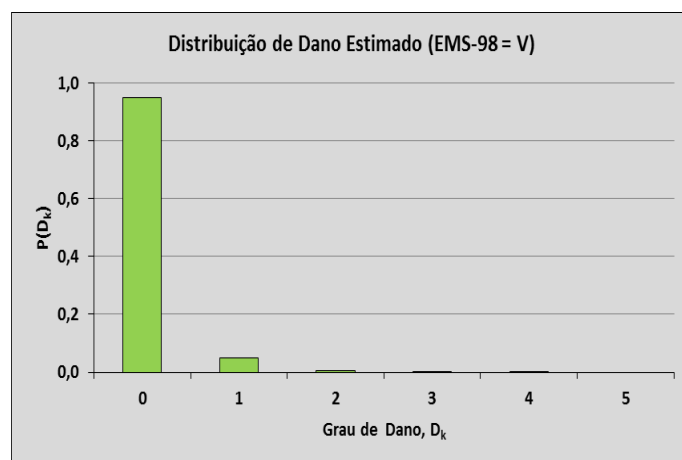


Figura 5.45 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 1\sigma$ (EMS-98=V)

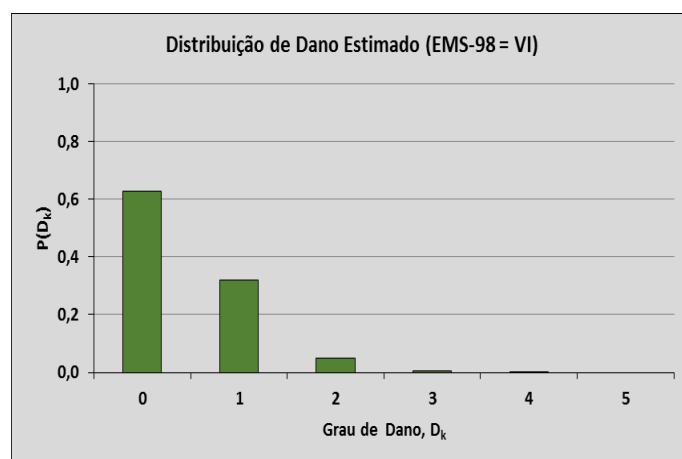


Figura 5.46 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 1\sigma$ (EMS-98=VI)

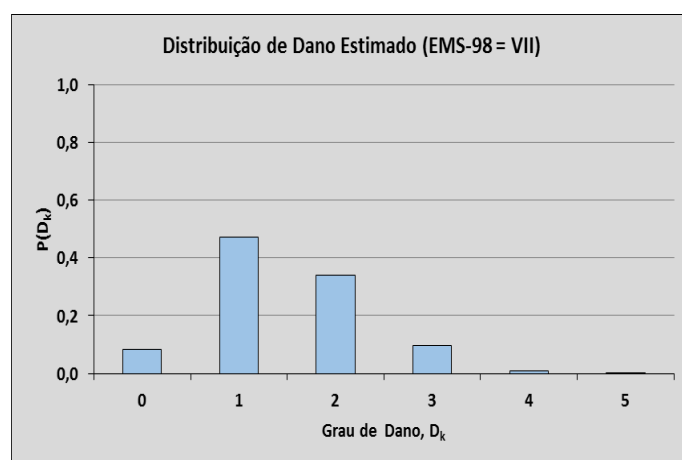


Figura 5.47 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 1\sigma$ (EMS-98=VII)

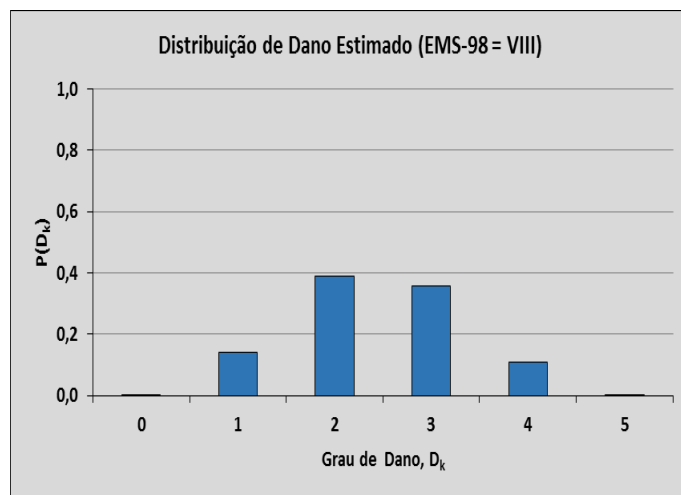


Figura 5.48 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 1\sigma$ (EMS-98=VIII)

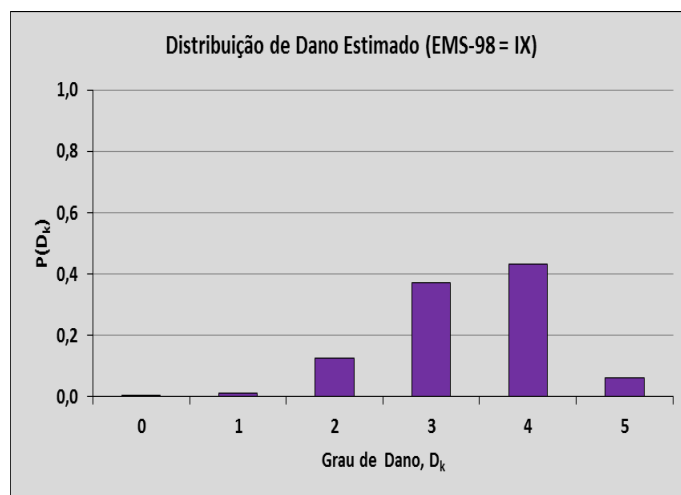


Figura 5.49 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 1\sigma$ (EMS-98=IX)

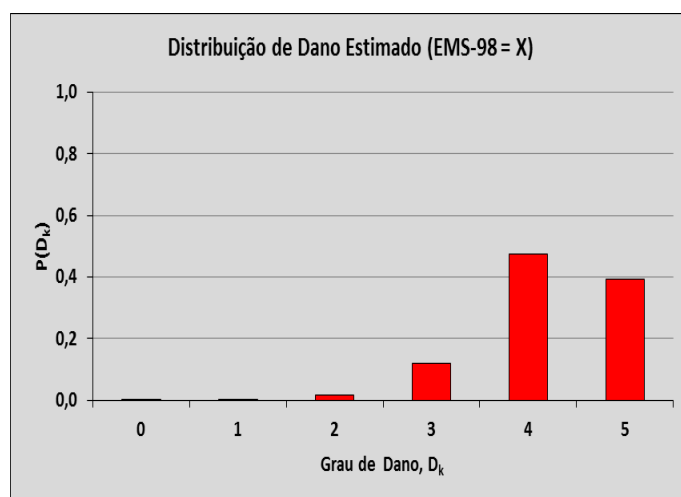


Figura 5.50 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 1\sigma$ (EMS-98=X)

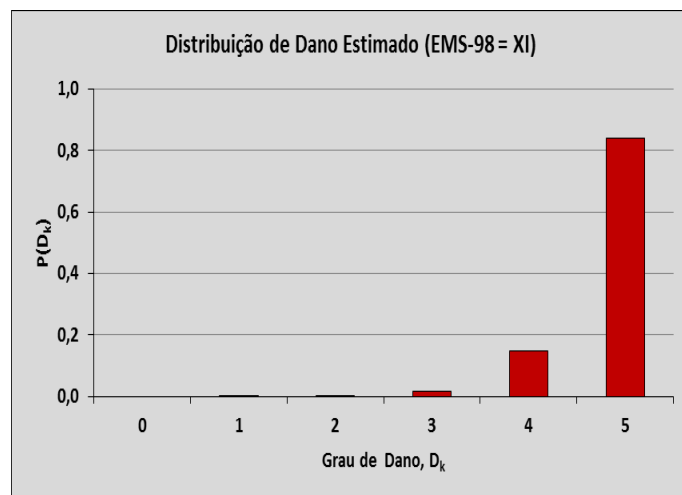


Figura 5.51 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 1\sigma$ (EMS-98=XI)

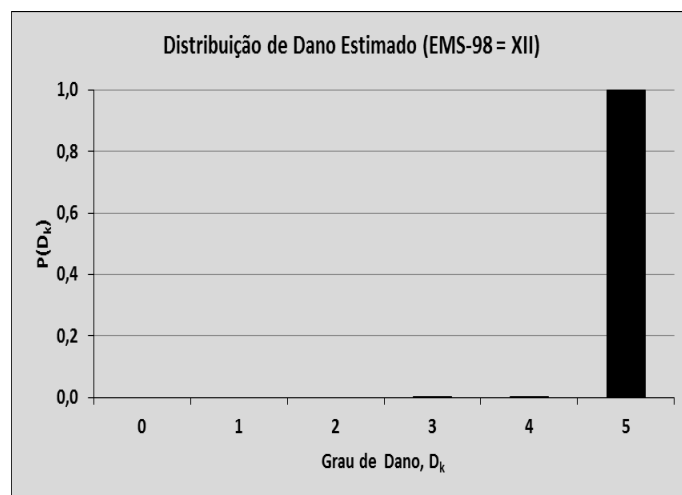


Figura 5.52 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 1\sigma$ (EMS-98=XII)

Da Figura 5.53 à Figura 5.60 apresentam-se distribuições de dano estimadas, para as intensidades sísmicas V a XII, para o valor médio do índice de vulnerabilidade adicionando duas vezes o desvio padrão, $I_{v,médio+2\sigma} = 33.74$.

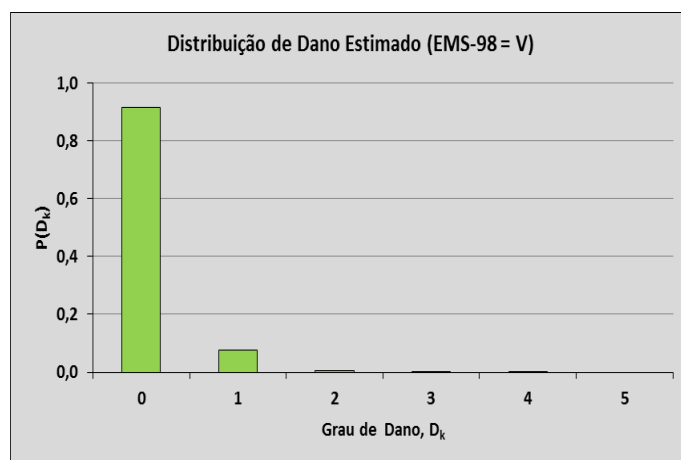


Figura 5.53 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 2\sigma$ (EMS-98=V)

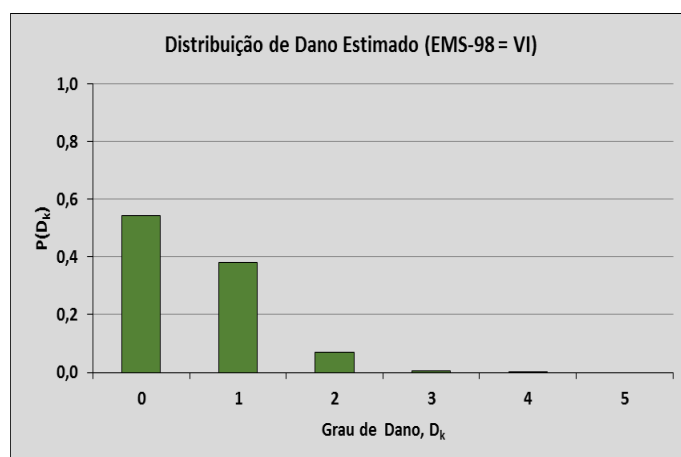


Figura 5.54 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 2\sigma$ (EMS-98=VI)

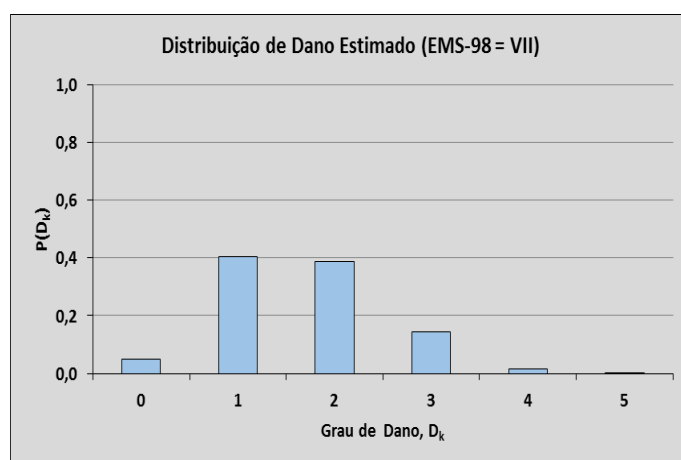


Figura 5.55 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 2\sigma$ (EMS-98=VII)

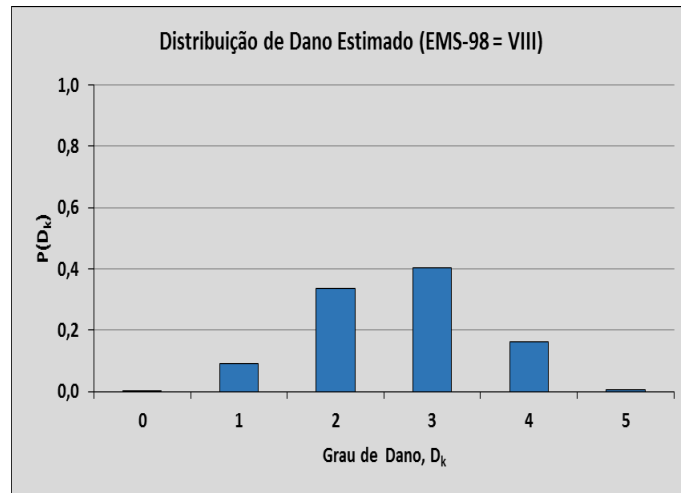


Figura 5.56 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 2\sigma$ (EMS-98=VIII)

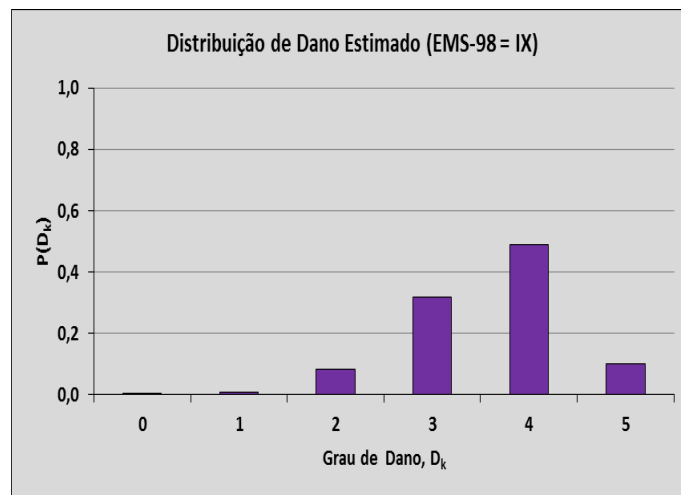


Figura 5.57 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 2\sigma$ (EMS-98=IX)

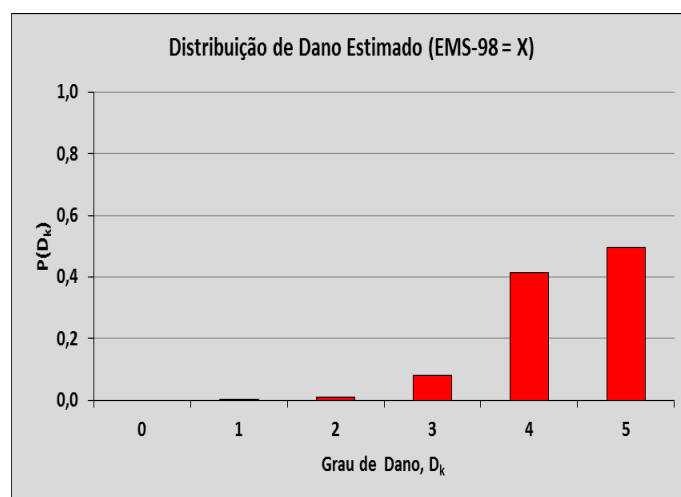


Figura 5.58 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 2\sigma$ (EMS-98=X)

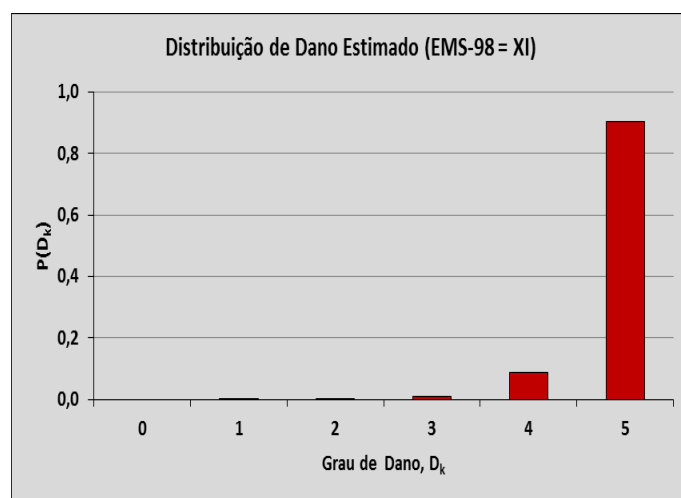


Figura 5.59 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 2\sigma$ (EMS-98=XI)

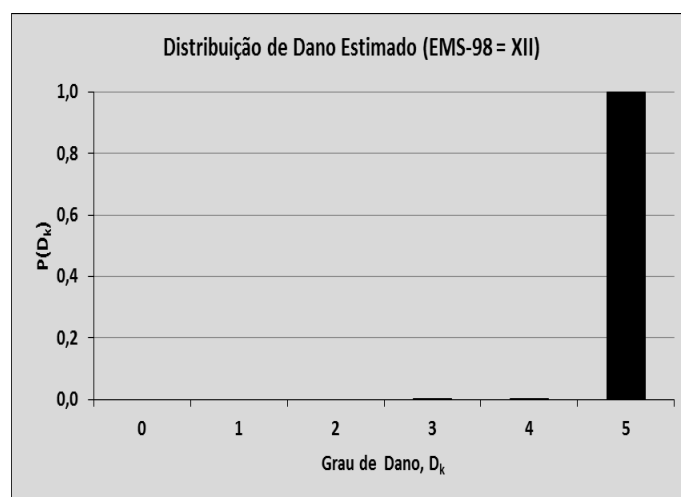


Figura 5.60 – Distribuições de dano estimado para $I_{v,médio} + 2\sigma$ (EMS-98=XII)

5.4.2 CURVAS DE FRAGILIDADE

As distribuições de dano obtidas usando a função *beta*, representam a probabilidade associada a cada um dos graus de danos, D_k , (de 0 a 5). As curvas de fragilidade constituem uma outra forma de representação do dano esperado, e definem a probabilidade de excedência de um determinado grau/estado de dano e são obtidas diretamente da função de densidade *beta* cumulativa, para um determinado valor do índice de vulnerabilidade representativo de uma classe tipológica ou de um edifício (R. d. Vicente 2008).

Tal como as curvas de vulnerabilidade, as curvas de fragilidade definem a relação entre a intensidade sísmica e o dano (definida por cinco estados), em termos de uma função de probabilidade contínua, expressando assim a probabilidade cumulativa condicional de atingir ou superar determinado estado de dano. As probabilidades discretas, $P(D_k = d)$ são obtidas pela diferença das probabilidades cumulativas $P_D[D_i \geq d]$ (R. d. Vicente 2008):

$$P(D_k = d) = P_D[D_k \geq d] - P_D[D_{k+1} \geq d] \quad (11)$$

Na Figura 5.61 observam-se as curvas de fragilidade obtidas para um valor do índice de vulnerabilidade médio de $I_{v,médio} = 22.83$, e nas figuras seguintes (Figura 5.62 a Figura 5.65) demonstram-se as curvas de fragilidade para um valor médio adicionado/subtraído do valor do desvio padrão – $\sigma_{I_v} = 5.46$ ($I - 2\sigma_{I_v} = 11.92$ | $I - 1\sigma_{I_v} = 17.37$ | $I + 1\sigma_{I_v} = 28.29$ | $I + 2\sigma_{I_v} = 33.74$).



Figura 5.61 – Curva de Fragilidade, $I_v = 22.83$

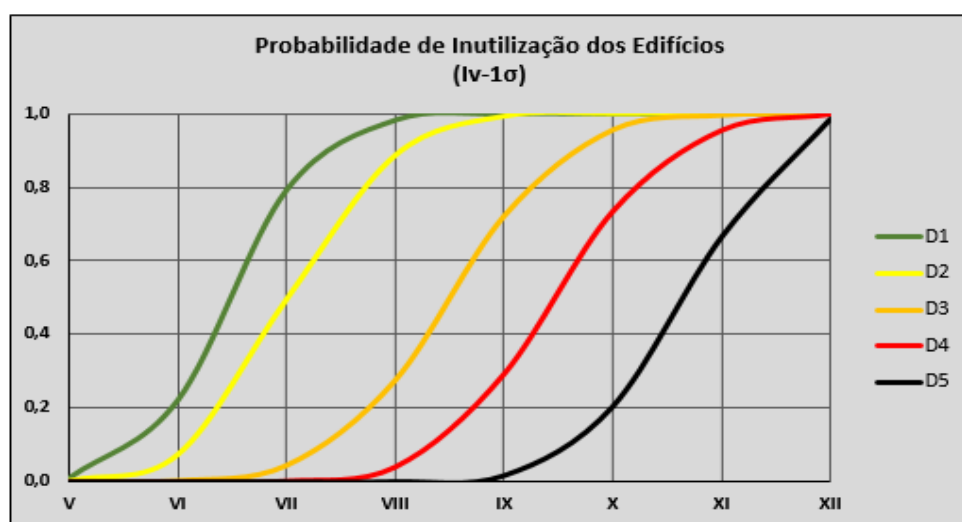
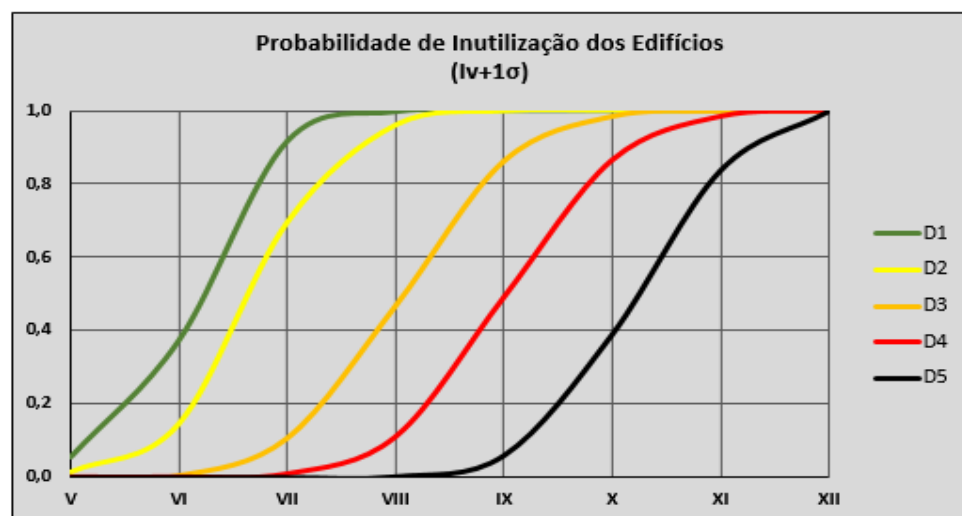
Figura 5.62 – Curva de Fragilidade, $I_v = 11.92$ Figura 5.63 – Curva de Fragilidade, $I_v = 17.37$ Figura 5.64 – Curva de Fragilidade, $I_v = 28.29$



Figura 5.65 – Curva de Fragilidade, $I_v = 33.74$

5.5 AVALIAÇÃO DE PERDAS

Nesta secção apresenta-se a avaliação das perdas a partir dos resultados da estimativa de dano. Existem vários métodos propostos para estimar perdas em função das probabilidades de ocorrência de determinado grau de dano. Os resultados relativamente à avaliação das perdas são expostos através da construção de cenários de dano através de distribuições probabilísticas globais utilizando valores representativos do índice de vulnerabilidade dos sete edifícios avaliados do núcleo urbano de Aljustrel (R. d. Vicente 2008).

$$I_{v,médio} - 2\sigma_{I_v}; I_{v,médio} - 1\sigma_{I_v}; I_{v,médio} + 1\sigma_{I_v}; I_{v,médio} + 2\sigma_{I_v} \quad (12)$$

Os modelos de estimativa de perdas são inevitavelmente dependentes do nível de dano físico, passando pela definição de correlações entre a probabilidade de atingir determinado nível de dano e a probabilidade de diferentes fenómenos de perda (como são as probabilidades de colapso dos edifícios, inutilização dos edifícios por falta de condições de segurança para desempenharem a sua função de habitabilidade, probabilidade de ocorrência de mortos e feridos, etc.).

Os procedimentos mais utilizados são naturalmente baseados na estimativa e observação de dano, como são propostas na HAZUS (HAZUS 1999) baseada em dados do ATC-13 (ATC-13 1985), e do GNDT-SSN decorrente do trabalho de Bramerini (Bramerini, et al. 1995).

5.5.1 COLAPSO E INUTILIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS

Neste trabalho adotou-se a do Servizio Sismico Nazionale, SSN (Bramerini, et al. 1995) para avaliar as probabilidades de colapso e inutilização dos edifícios para as funções que desempenhavam antes da ocorrência de um sismo. De forma a estimar as perdas, são estabelecidas expressões de carácter empírico, combinando os valores da probabilidade de ocorrência de determinados graus de dano associando-lhes pesos (R. d. Vicente 2008).

Fundamentalmente as probabilidades associadas à ocorrência de determinados graus de dano (ou até da probabilidade de excedência), são utilizadas na definição e estimativa das perdas afetadas de um peso que lhe é atribuído, variando de 0 a 1, que representa na verdade uma percentagem. O procedimento do SSN (Bramerini, et al. 1995) e HAZUS (HAZUS 1999) indica valores distintos para estes pesos. Neste trabalho optou-se pelo uso dos seguintes valores: $W_{ei,3} = 0.4$ $W_{ei,4} = 1.0$ $W_{ei,5} = 1.0$.

Os graus de dano moderado (D_3 e D_4) estão associados à probabilidade dos edifícios ficarem inutilizáveis, e o elevado valor de dano (D_5) à probabilidade de colapso. Para obtenção desta probabilidade de colapso ou da probabilidade da inutilização dos edifícios (isto é, que não permitem a sua reocupação após ocorrência do sismo), usaram-se as seguintes expressões:

$$P_{Colapso} = P(D_5)$$

$$P_{Edifícios\ Inutilizáveis} = P(D_3) \times W_{ei,3} + P(D_4) \times W_{ei,4} \quad (13)$$

Em que: $P(D_i)$ é a probabilidade de ocorrência de determinado nível de dano (D_1 a D_5); e, $W_{ei,j}$ são os pesos, que indicam a percentagem de edifícios associados aos níveis de dano, D_i que sofrem colapso ou que são considerados inutilizáveis.

Na Figura 5.66 e Figura 5.67 expressam-se as probabilidades associadas a diferentes valores de vulnerabilidade (índice de vulnerabilidade médio, $I_{v,médio} = 22.83$), e outros valores do índice de vulnerabilidade subtraídos ou somados do valor do desvio padrão da distribuição normal definida na Figura 5.18 ($I_{v,médio} - 2\sigma_{I_v}$; $I_{v,médio} - 1\sigma_{I_v}$; $I_{v,médio} + 1\sigma_{I_v}$; $I_{v,médio} + 2\sigma_{I_v}$). Refira-se que o número de edifícios inutilizáveis decresce com a intensidade à medida que o número de edifícios que sofrem colapso aumenta (R. d. Vicente 2008).

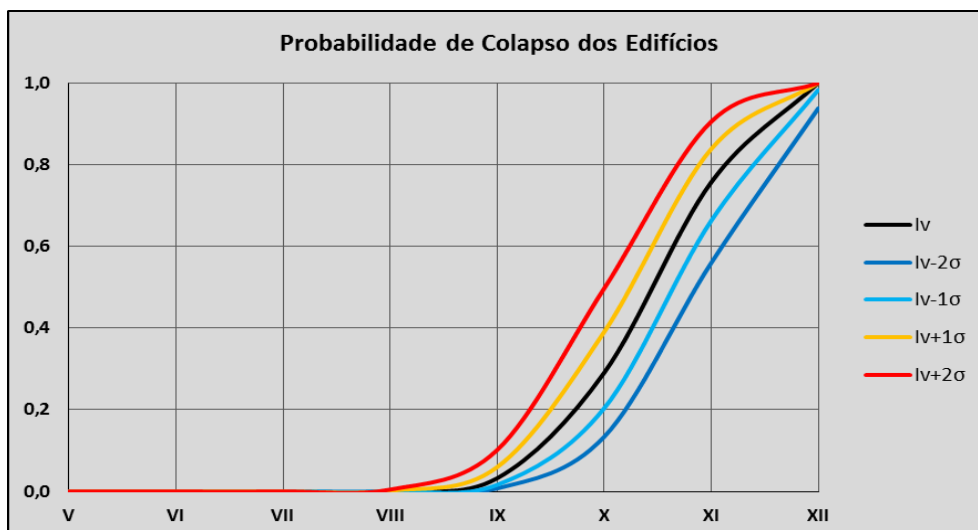


Figura 5.66 – Probabilidade de colapso dos edifícios

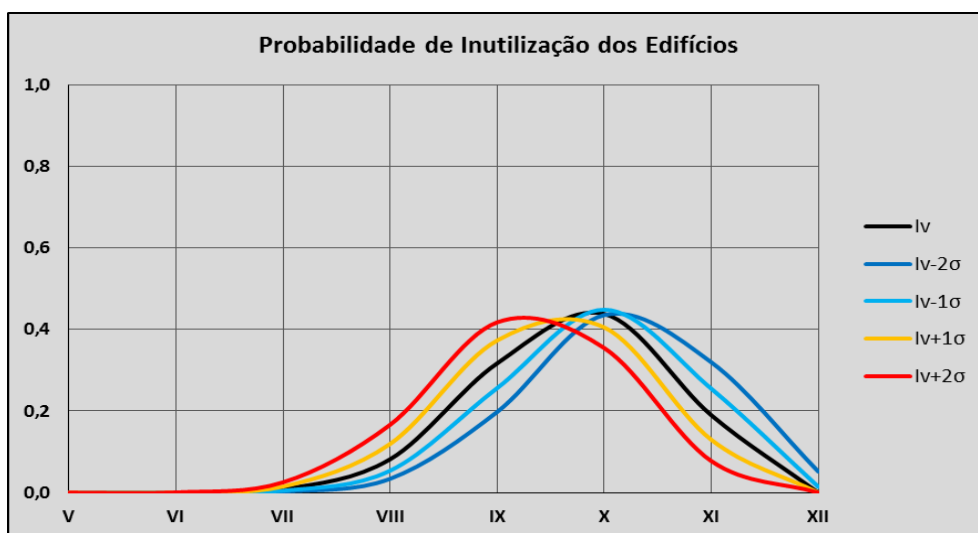


Figura 5.67 – Probabilidade de inutilização dos edifícios

Para um sismo de moderada a alta intensidade, considerando as intensidades VII, VIII, IX e X na escala macrossísmica europeia, EMS-98 (Grünthal 1998), e para o valor médio da vulnerabilidade estimado para os edifícios do núcleo urbano de Aljustrel ($I_{v,médio} = 22,83$), calcularam-se os efeitos resultantes do produto da probabilidade pelo número de edifícios, expressando-os em termos de número total (ver Quadro 5.6 ao Quadro 5.10).

Quadro 5.6 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $I_{v,médio}$

		Intensidade Sísmica, I (EMS-98)							
Total de Edifícios	7	Iv = 22,83							
		V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	3,26%	29,09%	75,71%	100,00%
Colapsos		0	0	0	0	0	2	5	7
Edifícios Inutilizáveis		0,00%	0,02%	0,87%	8,19%	31,69%	43,81%	18,99%	0,00%
		0	0	0	1	2	3	1	0

Quadro 5.7 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $I_{v,médio} - 2\sigma$

Total de Edifícios	Intensidade Sísmica, I (EMS-98)							
	Iv = 11,92							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Colapsos	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,78%	13,40%	55,96%	93,79%
	0	0	0	0	0	1	4	7
Edifícios Inutilizáveis	0,00%	0,01%	0,27%	3,39%	19,78%	43,54%	31,96%	5,15%
	0	0	0	0	1	3	2	0

Quadro 5.8 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $I_{v,médio} - 1\sigma$

Total de Edifícios	Intensidade Sísmica, I (EMS-98)							
	Iv = 17,37							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Colapsos	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	1,65%	20,39%	66,29%	98,30%
	0	0	0	0	0	1	5	7
Edifícios Inutilizáveis	0,00%	0,01%	0,49%	5,38%	25,63%	44,86%	25,49%	1,43%
	0	0	0	0	2	3	2	0

Quadro 5.9 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $I_{v,médio} + 1\sigma$

Total de Edifícios	Intensidade Sísmica, I (EMS-98)							
	Iv = 28,29							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Colapsos	0,00%	0,00%	0,00%	0,21%	5,97%	39,07%	83,84%	100,00%
	0	0	0	0	0	3	6	7
Edifícios Inutilizáveis	0,00%	0,03%	1,51%	11,94%	37,31%	40,52%	12,97%	0,00%
	0	0	0	1	3	3	1	0

Quadro 5.10 – Estimativa de colapsos e edifícios inutilizáveis, $I_{v,médio} + 2\sigma$

Total de Edifícios	Intensidade Sísmica, I (EMS-98)							
	Iv = 33,74							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Colapsos	0,00%	0,00%	0,01%	0,49%	10,16%	49,71%	90,54%	100,00%
	0	0	0	0	1	3	6	7
Edifícios Inutilizáveis	0,00%	0,06%	2,55%	16,65%	41,76%	35,47%	7,76%	0,00%
	0	0	0	1	3	2	1	0

Pela observação dos quadros anteriores verifica-se que, para um índice de vulnerabilidade médio, $I_v = 22.83$, ocorre o colapso de dois edifícios, para uma intensidade sísmica de X, 28.09% da totalidade dos edifícios, um valor de 75.11% para uma intensidade XI e o colapso total para uma intensidade sísmica de XII, 100% da totalidade dos edifícios.

5.5.2 PERDAS HUMANAS E DESALOJAMENTO

Durante o último século ocorreu mais de 1250 sismos fortes e consequentemente mais de 1.5 milhões de pessoas morreram em consequência desses eventos (Coburn e Spence 2002), todavia as taxas de mortalidade são sempre superiores aos números oficiais. A salvaguarda da vida humana é inequivocamente o maior dos objetivos das estratégias de gestão de risco sísmico. A perda de vida é a mais preocupante consequência dos sismos, muito para além dos prejuízos materiais.

As metodologias para estimar o número de mortos e feridos graves não são uma matéria consensual, reconhecendo que, mesmo de forma empírica, o seu conhecimento é de fulcral interesse na proteção da vida e naturalmente no planeamento de situações de emergência. As formas de estimativa de perda de vida humana e de número de feridos têm sido propostos por vários autores como função direta da intensidade ou magnitude da ação sísmicas, ou através de correlações com o dano físico sofrido pelos edifícios, à semelhança do que foi exposto na secção anterior. De entre as várias metodologias propostas para estimar a mortalidade e o número de feridos, referem-se as mais conhecidas neste domínio, nomeadamente: Coburn e Spence, (Coburn e Spence 2002); Tiedemann (Tiedemann 1989); HAZUS (HAZUS 1999); Bramerini (Bramerini, et al. 1995).

Por uma questão de coerência e consistência dos resultados, foi utilizada a proposta do Servizio Sismico Nazionale (Bramerini, et al. 1995) para estimar o número de mortos/feridos graves e de desalojados. A estimativa destas taxas pode também ser calculada em função da probabilidade de ocorrência de determinado grau de dano, pelas expressões seguintes:

$$P_{mortos\ e\ feridos\ graves} = 0.3 \times P(D_5) \quad (14)$$

$$\begin{aligned} P_{desalojamento} &= P(D_3) \times W_{ei,3} + P(D_4) \times W_{ei,4} + 0.7 \times P(D_5) \\ &= P_{edifícios\ inutilizáveis} + 0.7 \times P(D_5) \end{aligned} \quad (15)$$

Interpretando a expressão (14), considera-se que 30% dos residentes que habitam em edifícios que venham a colapsar (probabilidade de atingir ou exceder o grau de dano 5) morram ou ficam gravemente feridos, enquanto a probabilidade de pessoas a precisar de abrigo provisório é exprimida pela expressão (15) que considera que 100% das pessoas residentes em edifícios considerados inutilizáveis e os restantes 70% dos residentes dos edifícios que colapsam, não poderão reocupar suas habitações após a ocorrência de um sismo, considerando-se estes desalojados (R. d. Vicente 2008).

Refira-se que, no que diz respeito ao número de mortos e feridos graves, a taxa de ocupação dos edifícios depende decisivamente da hora do dia em que ocorra o sismo, facto que não é considerado neste procedimento simplificado. Por exemplo, no caso de ocorrer um sismo de madrugada a taxa de mortalidade e feridos graves é subestimada pela expressão (14), podendo assim as consequências finais serem minimizadas.

Na Figura 5.68 e Figura 5.69 observam-se as curvas de ocorrência de probabilidade de mortos e de feridos graves e de desalojados associados a diferentes valores de vulnerabilidade: índice de vulnerabilidade médio, $I_{v,médio} = 22.83$ e outros valores do índice de vulnerabilidade subtraídos ou somados do valor do desvio padrão.

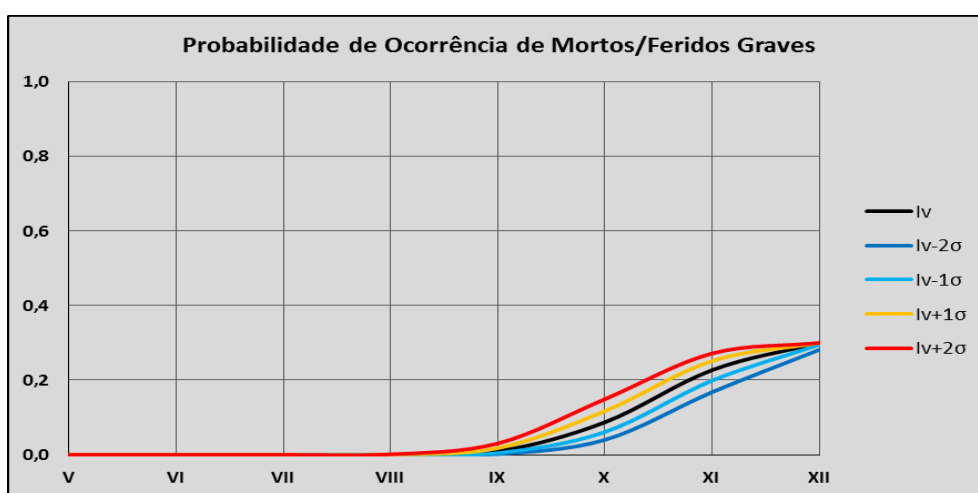


Figura 5.68 – Probabilidade de ocorrência de mortos / feridos graves

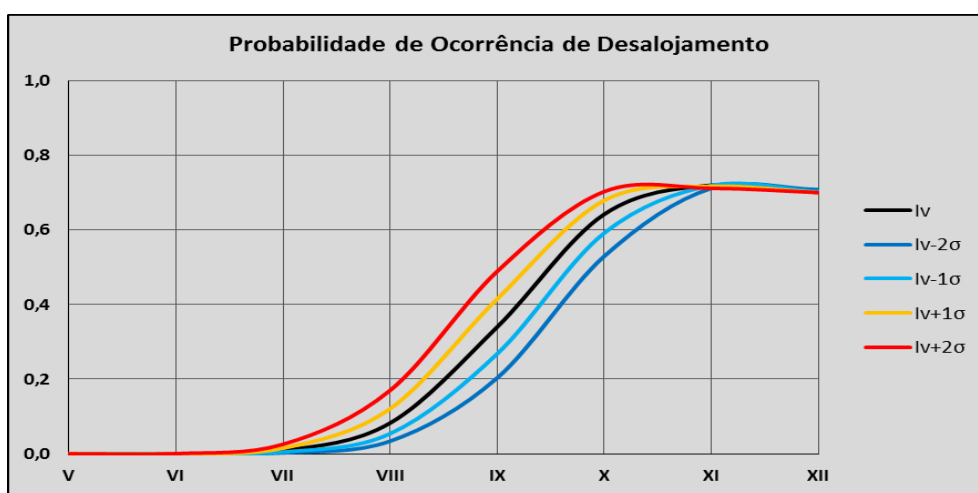


Figura 5.69 – Probabilidade de ocorrência de desalojamento

Analisa-se oito cenários, com intensidade sísmicas de V a XII, de acordo com a escala macrossísmica, fornecendo resultados relativos ao número e percentagem de mortos e feridos graves, bem como da população residente desalojada (ver Quadro 5.11 ao Quadro 5.15).

Constata-se a elevada percentagem de residentes que podem ficar desalojados, para intensidades sísmicas a partir do valor X, revelando a importância que deve ser dada e a preocupação da capacidade de resposta, por parte das entidades competentes, no que diz respeito à necessidade de realojamento temporário no caso de ocorrência de um sismo de intensidade superior a IX.

Quadro 5.11 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $I_v = 22.83$

População	21	Intensidade Sísmica, I (EMS-98)						
		Iv = 22,83						
		V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Desalojados		0,00%	0,02%	0,87%	8,25%	33,97%	64,17%	71,98%
		0	0	0	2	7	13	15
Mortos e Feridos Graves		0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,98%	8,73%	22,71%
		0	0	0	0	0	2	5

Quadro 5.12 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $I_v = 11.92$

População	21	Intensidade Sísmica, I (EMS-98)						
		Iv = 11,92						
		V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Desalojados		0,00%	0,01%	0,27%	3,40%	20,33%	52,92%	71,13%
		0	0	0	1	4	11	15
Mortos e Feridos Graves		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%	4,02%	16,79%
		0	0	0	0	0	1	4

Quadro 5.13 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $I_v = 17.37$

População	21	Intensidade Sísmica, I (EMS-98)						
		Iv = 17,37						
		V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Desalojados		0,00%	0,01%	0,49%	5,40%	26,79%	59,14%	71,90%
		0	0	0	1	6	12	15
Mortos e Feridos Graves		0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,50%	6,12%	19,89%
		0	0	0	0	0	1	4

Quadro 5.14 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $I_v = 28.29$

População	21	Intensidade Sísmica, I (EMS-98)						
		Iv = 28,29						
		V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Desalojados		0,00%	0,03%	1,51%	12,09%	41,49%	67,87%	71,66%
		0	0	0	3	9	14	15
Mortos e Feridos Graves		0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	1,79%	11,72%	25,15%
		0	0	0	0	0	2	5

Quadro 5.15 – Estimativa de mortos, feridos graves e desalojados, $I_v = 33.74$

População	21	Intensidade Sísmica, I (EMS-98)						
		Iv = 33,74						
		V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Desalojados		0,00%	0,06%	2,55%	16,99%	48,87%	70,26%	71,14%
		0	0	1	4	10	15	15
Mortos e Feridos Graves		0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	3,05%	14,91%	27,16%
		0	0	0	0	1	3	6

5.5.3 PERDAS ECONÓMICAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS DE REPARAÇÃO

Os danos, como já descrito na secção 5.4.1 - *Distribuição e cenários de dano*, podem ser interpretados através de um índice económico que representa o quociente entre o custo de reparação e de substituição, interpretado como um custo de reparação relativo ao valor original do edifício (Benedetti e Petrini 1984). A correlação entre os graus de dano e os custos de reparação e reconstrução é obtida pelo processamento e tratamento de dados pós-sismo.

Varias correlações entre os graus de dano e os custos de reparação e reconstrução são avançadas por vários autores, como indicado no Quadro 5.16.

Quadro 5.16 – Correlação entre graus de dano médio e índice de dano económico (R. d. Vicente 2008)

Grau de dano, D_k		0	1	2	3	4	5
Nível de dano		Sem dano	Ligeiro	Moderado	Severo	Muito severo	Destruição
Índice de dano económico, d_e	ATC-13 [1985]	0.000	0.050	0.200	0.550	0.900	1.000
	Bramerini et al. [1995]	0.000	0.010	0.100	0.350	0.750	1.000
	HAZUS [1999]	0.000	0.020	0.100	0.500	1.000	1.000
	Dolce et al. [2000]	0.000	0.035	0.145	0.305	0.800	1.000

A correlação estabelecida por Dolce (Dolce, Kappos, et al. 2005) resulta do tratamento dos inquéritos do GNDT-SSN dos eventos sísmicos de Umbria-Marche, em 1997, e de Pollino em 1998, relativamente a informação de ações de intervenção, avaliando os custos globais de reparação em mais de 50000 edifícios.

A correlação assume valores do índice de dano económico (D_e) mais próximos para os graus de dano mais elevados D_4 e D_5 , tal como para os graus de dano baixos D_1 e D_2 . Esta constatação é também corroborada pelo trabalho de Di Pasquale e Goretti (Di Pasquale e Goretti 2001) no tratamento de informação pós-sismo. Destaque-se ainda que os valores dos custos de reparação, consideram um custo de reforço intrínseco, contudo há sempre que considerar que para além da ação de reparação se introduz um grau de beneficiação e reforço à construção intervencionada.

A estimativa dos custos de reparação para um dado evento sísmico de intensidade I , $P[R|I]$ pode ser obtida pelo produto da probabilidade condicionada do custo de reparação ao nível de dano, $P[R|D_k]$ com a probabilidade condicionada do dano à vulnerabilidade do edifício e à intensidade sísmicas, $P[D_k|I_v, I]$, podendo-se escrever da seguinte forma (R. d. Vicente 2008):

$$P[R|I] = \sum_{D_k=1}^5 \sum_{I_v=0}^{100} P[R|D_k] \times P[D_k|I_v, I] \quad (16)$$

Para estimar os custos de reparação associados a diferentes valores de vulnerabilidade utilizados na avaliação de perdas $I_{v,médio}$, $I_{v,médio} + 2\sigma_{I_v}$, $I_{v,médio} + 1\sigma_{I_v}$, $I_{v,médio} - 1\sigma_{I_v}$, $I_{v,médio} - 2\sigma_{I_v}$, considerou-se para o núcleo urbano de Aljustrel um valor imobiliário médio, de 603 €/m² (Valor Patrimonial Tributário referente ao ano de 2015) (Aduaneira 2015). Da Figura 5.70 à Figura 5.73 são apresentados os custos de reparação globais para toda a área de estudo em função da intensidade sísmica.

Observa-se que para as intensidades sísmicas V a IX, a diferença dos custos de reparação, para o valor do índice de vulnerabilidade médio, $I_{v,médio} = 22.83$ e para os outros valores $I_{v,médio} + 2\sigma_{I_v} = 33.75$, $I_{v,médio} + 1\sigma_{I_v} = 28.29$, $I_{v,médio} - 1\sigma_{I_v} = 11.92$, $I_{v,médio} - 2\sigma_{I_v} = 17.37$ é substancialmente diferente. Para intensidades mais elevadas esta diferença é menor, devido à severidade da ação que conduz a valores de dano elevados, mesmo para valores de vulnerabilidade moderada.

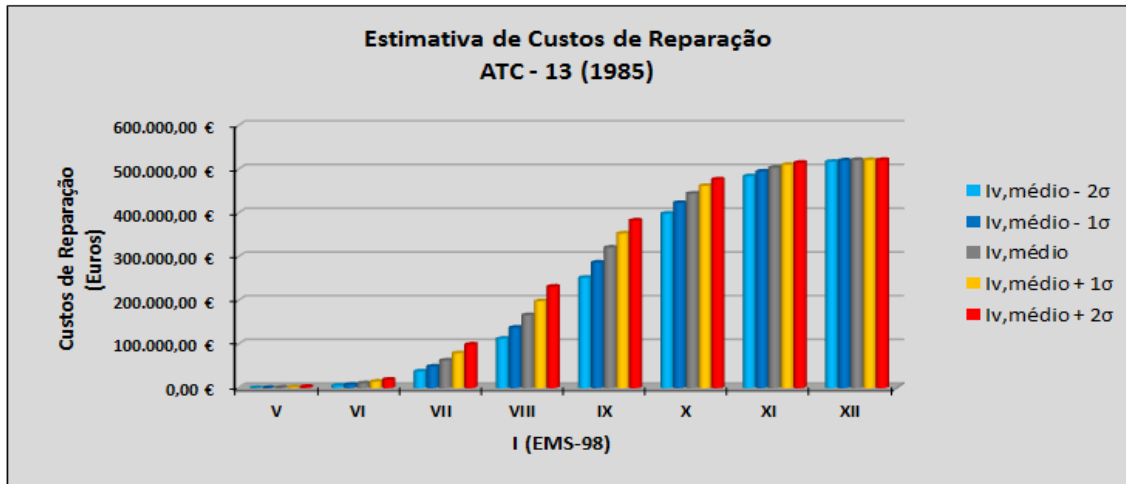


Figura 5.70 – Estimativa de custos (ATC-13 1985)

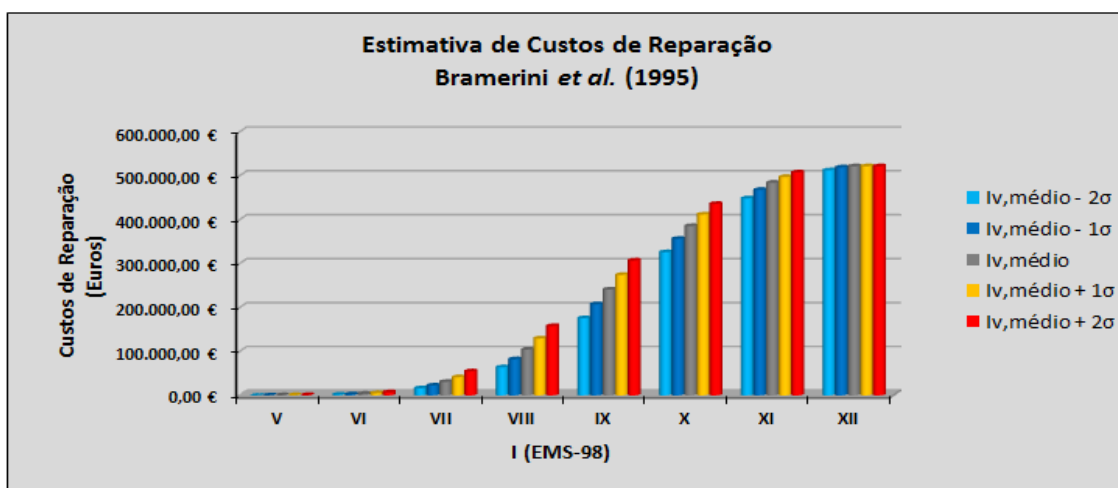


Figura 5.71 – Estimativa de custos (Bramerini, et al. 1995)

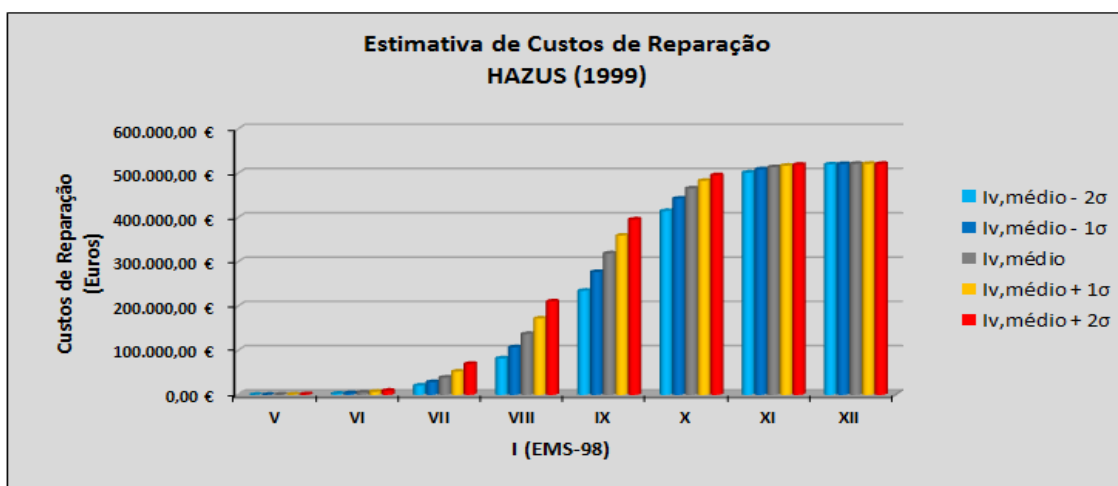


Figura 5.72 – Estimativa de custos (HAZUS 1999)

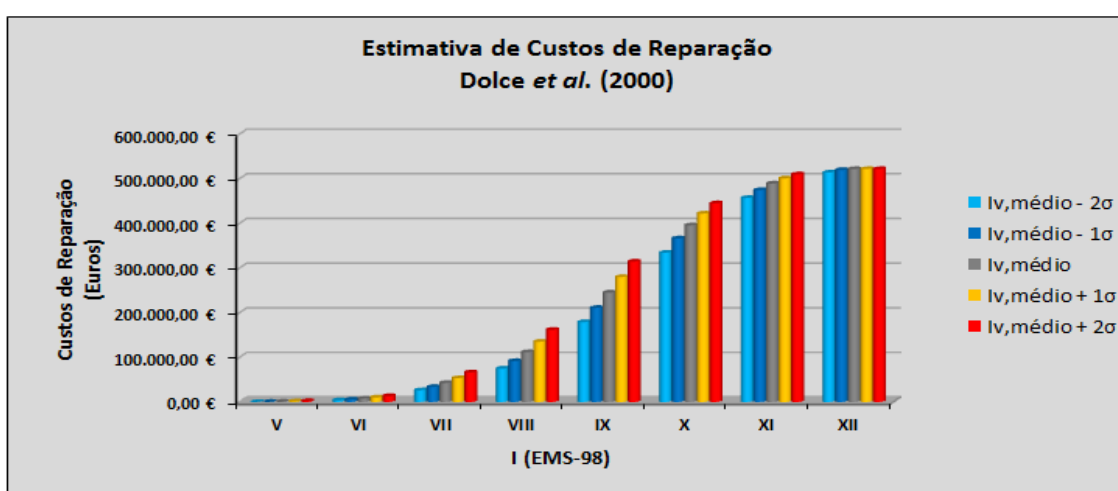


Figura 5.73 – Estimativa de custos (Dolce, Marino, et al. 2000)

No Quadro 5.17 apresenta-se, para um índice de vulnerabilidade médio, a percentagem estimada dos custos de reparação, para os vários graus de intensidade sísmica (EMS-98), tendo como base os autores ATC-13 (ATC-13 1985), Bramerini (Bramerini, et al. 1995), HAZUS (HAZUS 1999) e Dolce (Dolce, Marino, et al. 2000).

A título de exemplo, pode-se verificar que os custos de reparação total estimados, 521.639,92 €, em relação aos custos de reparação para um grau sísmico de VII (EMS-98) são de 8.40% (43 817,75 €) e 53.98% (281 581,23€) para um grau sísmico de IX (EMS-98).

Quadro 5.17 – Quadro comparativo de custos de reparação, $I_{v,médio}$

Quadro Comparativo de Custos de Reparação para um Índice de Vulnerabilidade Médio								
Autores	I (EMS)							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ATC-13 (1985)	0,17%	2,08%	12,09%	31,99%	61,58%	85,23%	96,56%	100,00%
Bramerini et al. (1995)	0,05%	0,68%	5,88%	19,98%	46,15%	73,90%	92,80%	100,00%
HAZUS (1999)	0,07%	0,97%	7,47%	26,35%	61,25%	89,31%	98,57%	100,00%
Dolce et al. (2000)	0,12%	1,46%	8,16%	21,38%	46,94%	75,86%	93,77%	100,00%
Valor Médio	0,10%	1,30%	8,40%	24,93%	53,98%	81,08%	95,43%	100,00%

6. COMENTÁRIOS FINAIS E PROPOSTAS FUTURAS

Em 1958, com a entrada em vigor do Regulamento de Segurança das Construções Contra Sismos, iniciou-se uma nova etapa na construção em Portugal, tendo como principal foco o reforço de todas as estruturas ao nível sísmico, dado que, até esta altura o edificado apresentava um elevado grau de vulnerabilidade sísmico, devido à inexistência de um diploma que o regulamentasse.

Ao longo dos anos subsequentes, com a introdução de novos regulamentos na componente sísmica, nomeadamente, o Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes (1961), o Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas (1983) e atualmente o Eurocódigo 8, foram introduzidos novos parâmetros no cálculo sísmico das estruturas.

Contudo, o estudo do comportamento sísmico deverá ser alargado para os edifícios construídos anteriormente à década de 50, onde será expectável que se encontrem níveis elevados de vulnerabilidade sísmica. Tendo como referencia várias análises e estudos já efetuados, há que intervir na mitigação dos riscos sísmicos sobre estes edifícios, de modo a se reduzir as perdas materiais e fundamentalmente as perdas humanas quando ocorre um sinistro. Para que estas intervenções tenham algum impacto na melhoria do edificado, existe a necessidade de investimento, quer no ponto de vista do desenvolvimento de técnicas inovadoras no âmbito da reabilitação urbana, na criação de legislação adequada, ou na implementação de medidas económicas que aliciem os proprietários a executarem intervenções devidamente estudadas e projetadas.

Nos últimos anos podemos observar um ligeiro aumento no setor da reabilitação urbana, nomeadamente nos grandes centros urbanos, uma vez que é presentemente a área da construção onde existe um maior investimento, sendo assim uma mais-valia que pode impulsionar a economia do País, no geral e na construção civil em particular. O próximo objetivo deverá assentar na expansão desta metodologia construtiva a outros locais, onde ainda está praticamente tudo por fazer, tais como as zonas periféricas dos grandes centros e o interior do País.

A adoção de políticas de incentivo à reabilitação e requalificação como o programa JESSICA (*Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas*), a criação de linhas de financiamento enquadradas no Fundo Europeu de Desenvolvimento, Portugal 2020, e até a criação de ARU's (áreas de reabilitação urbana municipais), com atrativos de benefícios económicos e fiscais para os proprietários e investidores, vieram dar um bom incremento na conservação e reabilitação do património edificado.

O trabalho agora apresentado tem como principal objetivo avaliar a vulnerabilidade sísmica do núcleo urbano de Aljustrel, concelho de Ourém.

Apesar do número de amostras ser reduzida, apenas foram estudadas numa primeira fase dezanove edifícios, entre edifícios de estrutura de betão armado e edifícios de estrutura resistente em alvenaria de pedra e atendendo ao índice de vulnerabilidade baixo $I_v = 16.03$, optou-se numa segunda fase por considerar apenas os edifícios com estrutura resistente de alvenaria de pedra, obtendo-se um índice de vulnerabilidade de $I_v = 22.83$, valor este considerado aceitável e fiável comparativamente a outros estudos idênticos anteriormente realizados, revelando-se um trabalho estimulante e motivador.

A metodologia aplicada foi desenvolvida inicialmente em trabalhos realizados pelo *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti* (GNDT-SSN 1994), Sonia Giovinazzi (S. Giovinazzi 2005) e complementada por Romeu Vicente (R. d. Vicente 2008).

Sendo um método baseado na combinação de uma metodologia tipológica com uma tipologia convencional, apoiada na observação de dano, “*in situ*” tratada como elemento estatístico. Esta metodologia identifica 14 parâmetros-chave considerando o comportamento e a resposta sísmica dos edifícios, permitindo a identificação indireta dos pontos estruturais mais frágeis e outras patologias existentes nas construções. Os edifícios que apresentam elevada vulnerabilidade manifestam uma maior tendência para o dano em caso de uma atividade sísmica.

Pela análise dos dados verificados as perdas materiais e humanas para intensidades moderadamente elevadas ($\text{EMS-98} = \text{X}$), a probabilidade de inutilização de edifícios para um $I_{v,\text{médio}}$ é de cerca de 43.81%. A probabilidade de ocorrer mortes e feridos graves, é baixa, 8.73%, todavia cerca de 64.17% de residentes tem probabilidade de desalojamento.

Embora considerando-se que este trabalho contribuiu de forma positiva para aumentar o conhecimento sobre a tecnologia construtiva e comportamento sísmico dos edifícios antigos do núcleo urbano de Aljustrel, podendo servir de base de partida para a elaboração de outros trabalhos no sentido de melhorar a metodologia da avaliação da vulnerabilidade de centros históricos tais como:

- ✓ Aplicação da metodologia utilizada a outros casos de estudo no concelho;
- ✓ Melhorar a metodologia de inspeção utilizada, por exemplo, acrescentar novos mecanismos de dano ou eventualmente definindo mais parâmetros;
- ✓ Aplicação dos modelos mecânicos simplificados a mais casos de estudo no sentido de calibrar a metodologia, para que seja possível uma determinação mais rigorosa da aceleração do solo correspondente ao colapso do macro elemento.
- ✓ A implementação de um sistema SIG (sistema de informação geográfica), em estudos futuros, com provas dadas do seu interesse para a representação espacial dos resultados obtidos na gestão do edificado, pode ser explorado no sentido de estabelecer cenários de danos, estimativa de perdas e custos e perceber, com isso, as zonas com um risco mais elevado, desenvolvendo sistemas de proteção e planos de emergência.

A base de dados agora elaborada poderá ser alargada e complementada com novas informações provenientes de outras áreas do concelho de Ourém, esperando-se que futuramente se observem impactos deste caso de estudo, concretamente das entidades responsáveis pela gestão e ordenamento do edificado.

7. REFERÊNCIAS

- Abrantes, Joaquim Roque, Manuel Serafim Pinto, e Maria Palmira Carvalho. ALJUSTREL - Uma Aldeia de Fátima. Fátima: Santuário de Fátima, 1993.
- Aduaneira, Autoridade Tributária e. “Avaliação de IMI.” Autoridade Tributária e Aduaneira. 19 de Outubro de 2015. <https://www.portaldasfinancas.gov.pt/pt/home.action>.
- Aljustrel - Fátima. 20 de Outubro de 2015. <https://www.google.pt/maps/@39.6253599,-8.6874906,5153m/data=!3m1!1e3>.
- ATC-13. “Earthquake damage evaluation data for California.” Applied Technology Council. Redwood City, California, 1985.
- Benedetti, D., e V. Petrini. “On seismic vulnerability of masonry buildings: proposal of an evaluation procedure.” Em The industry of constructions, 66-78. 1984.
- Bernardes, João Pedro. Fátima Tradicional. Fátima: Santuário de Fátima, 1992.
- Braga, F., M. Dolce, e D. Liberatore. “Assessment of the relationships between macroseismic intensity, type of building and damage, based on the recent Italy earthquake data.” Proceedings of the 8th European Conference on Earthquake Engineering. Lisbon, Portugal, 1982.
- Bramerini, F., G. Di Pasquale, A. Orsini, A. Pugliese, R. Romeo, e F. Sabetta. “Rischio sismico del territorio italiano. Proposta per una metodologia e risultati preliminari.” Rapporto tecnico del Servizio Sismico Nazionale. Roma, 1995.
- Carvalho, Eduardo Cansado, e Ema Coelho. Análise sísmica de estruturas de edifícios segundo a nova regulamentação. Vol. II. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1984.
- CEN. Eurocode 8 – Design of Structures for earthquake resistance – Part 1: General Rules, seismic actions and rules for buildings. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization, 2004.
- Coburn, A.W., e R. Spence. “Earthquake Protection.” Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd., 2002.

- Cóias e Silva, V. Viabilidade Técnica de Execução do Programa Nacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado. Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado. Lisboa: SPES e GECORPA, 2001.
- Costa, Sandra Marisa da Silva. Avaliação da Vulnerabilidade Sísmica do Parque Edificado da Avenida Dr. Lourenço Peixinho - Aveiro. Tese de Mestrado, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- Di Pasquale, G., e A. Goretti. "Economic and functional vulnerability of residential buildings stricken by Italian recent seismic events." Proceedings of the 10th Italian national conference on earthquake engineering. 2001.
- Dolce, M., A. Kappos, A. Masi, G. Penelis, e M. Vona. "Vulnerability assessment and earthquake damage scenarios of the building stock of Potenza (Southern Italy) using Italian and Greek methodologies." Editado por Elsevier. Engineering Structures. 2005. 357-371.
- Dolce, M., M. Marino, A. Masi, e M. Vona. "Seismic vulnerability analysis and damage scenarios of Potenza." International workshop on seismic risk and earthquake damage scenarios of Potenza. 2000.
- DR, Diário da República. Regime Jurídico da Reabilitação Urbana em Áreas de Reabilitação Urbana - Decreto-Lei 307/2009 de 23 de Outubro. Diário da República, 2009.
- Fátima - Projeto Concelho Ourém. 10 de Setembro de 2015. http://www.geocaching.com/geocache/GC4CAJF_fatima-projeto-concelhooure m?guid=fd90d7d1-47d0-4847-b764-f7b06cf184f7.
- Fátima, Santuário de. Aljustrel e Valinhos - O Outro Pulmão do Santuário de Fátima. Fátima: Santuário de Fátima, 2007.
- Ferreira, Carina Fonseca. Vulnerabilidade Sísmica do Parque Edificado na Cidade de Aveiro. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2008.
- Ferreira, Tiago Miguel dos Santos. Avaliação da Vulnerabilidade Sísmica das Paredes de Fachada de Edifícios em Alvenaria. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2009.

- Giovinazzi, S., e S. Lagomarsino. “A Macroseismic Model for the vulnerability assessment of buildings.” 13th World Conference on Earthquake Engineering. Vancouver, Canada, 2004.
- Giovinazzi, Sonia. The vulnerability assessment and damage scenario in seismic risk analysis. PhD Thesis, International doctorate, University of Florence, Technical University of Carolo-Wilhelmina, 2005.
- GNDT-SSN. Scheda di esposizione e vulnerabilità e di rilevamento danni di primo livello e secondo livello (muratura e cemento armato). Roma: Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, 1994.
- Grimaz, S., F. Meroni, V. Petrini, R. Tomasoni, e G. Zonno. “Il ruolo dei dati di danneggiamento del terremoto del Friuli nello studio di modelli di vulnerabilità sísmica degli edifici in muratura.” Em La Scienza e i Terremoti . Analisi e prospettive dal’ esperienza del Friuli. 1976-1996.
- Grünthal, G. European Macroseismic Scale; Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Vol. 15. Luxembourg, 1998.
- HAZUS. “Earthquake Loss Estimation Methodology - Technical and User Manuals.” Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C, 1999.
- Junta de Freguesia de Fátima. s.d. <http://www.jf.fatima.pt/portal/index.php?id=1435> (acedido em 11 de Março de 2014).
- Junta de Freguesia de Fátima. 4 de Junho de 2014. <http://www.jf.fatima.pt/portal/index.php?id=1438>.
- Klir, G.J., e B. Yuan. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic -Theory and Applications. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995.
- Lima, F. Introdução à Sismologia. Aveiro: Universidade de Aveiro, 1998.
- Lopes, Mário . Sismos e Edifícios. Editora ORION, 2008.
- Lourenço, David Policarpo. Avaliação do Risco Sísmico em Portugal. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2012.
- Magalhães, João Nuno Miler. Vulnerabilidade Sísmica do Património Religioso das Ilhas do Faial e do Pico, Açores. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2009.

- Margottini, C., D. Molin, B. Narcisi, e L. Serva. Intensity versus ground motion: a new approach using Italian data. Vol. 33, em *Engineering Geology*, 45-48. 1992.
- Martins, Jeniffer Del Carmen Moraes. Avaliação da Segurança Sísmica das Construções - Método Japonês. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2011.
- Neves, Filipe José Oliveira da Graça. Avaliação da Vulnerabilidade Sísmica do Parque Habitacional da Ilha do Faial. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2008.
- Proença, J. Eurocódigo 8 – Projecto de Estruturas Sismo-Resistentes. Apontamentos de Dinâmica Estrutural e Engenharia Sísmica. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2007.
- REGEU, Regulamento Geral das Edificações Urbanas. Decreto-Lei n.º 38382 de 7 de Agosto. Lisboa: Porto Editora, 1951.
- Ribeiro, Luís Niza. Aljustrel, Uma Aldeia com Futuro - O Outro Pulmão do Santuário de Fátima. Fátima: Santuário de Fátima, 2006.
- Rota do Peregrino. s.d. <http://www.rotadoperegrino.com/historia/cidade-de-fatima/> (acedido em 11 de Março de 2014).
- RSA, Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes. Decreto-Lei n.º 235/83 de 31 de Maio. Lisboa, 1983.
- RSCCS, Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos. Decreto-Lei n.º 41 658 de 31 de Maio. Lisboa, 1958.
- RSEP, Regulamento de Solicitações em Edifício e Pontes. Decreto-Lei n.º 44 041 de 18 de Novembro. Lisboa, 1961.
- Salvadori, Mário, e Matthys Levy. Porque treme a terra; Como sobreviver a um terramoto, um vulcão ou um tsunami. Lisboa: Protecção Civil de Portugal, 1995.
- Sandi, H., e I. Floricel. “Analysis of seismic risk affecting the existing IX building stock.” *Proceedings of the 10th European Conference on Earthquake Engineering*. 1995. 1105-1110.
- Sandi, H., M. Dolce, A.W. Coburn, e B. Goschy. “EEAE Working Group on Vulnerability and Risk Analysis.” *Proceedings of the 9th ECEE*. Moscow, 1990.

- Santuário de Fátima. 15 de Junho de 2014. <http://www.fatima.pt/portal/index.php?id=2634>.
- Sociedade de Reabilitação Urbana de Fátima. s.d. <http://www.sru.pt/64/acrru-de-aljustrel> (acedido em 16 de Março de 2014).
- Sotto-Mayor, Maria Luísa Raposo de Magalhães do Nascimento e Sousa. Risco Sísmico em Portugal Continental. Tese de Doutoramento, Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2006.
- Spence, R., Bommer J., Del Re D., Bird J., Aydinoglu N., e Tabuchi S. “Comparison Loss Estimation with Observed Damage: A study of the 1999 Kocaceli Earthquake in Turkey.” *Bulletin of Earthquake Engineering*. 2003. 83-113.
- Tiedemann, H. “Casualties as a function of building quality and earthquake intensity.” *Proceedings of the International Workshop on Earthquake Injury Epidemiology for Mitigation and response*. Baltimore, Maryland, 1989. 420-434.
- Turismo do Centro. 2 de Julho de 2015. http://www.turismodocentro.pt/pt/produtos.58/santuario_de_nossa_senhora_de_fatima_.a4475.html.
- Varum, Humberto Salazar Amorim. Avaliação, Reparação e Reforço Sísmico de Edifícios Existentes. Tese de Doutoramento, Secção Autónoma de Engenharia Civil, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2003.
- Vicente, R. S., S. Parodi, S. Lagomarsino, e H. Varum. “Seismic vulnerability and risk assessment: case study of the historic city centre of Coimbra, Portugal.” *Bulletin of Earthquake Engineering*, Springer. Holanda, 2011. 1067-1096.
- Vicente, R., H. Varum, S. Lagomarsino, S. Parodi, e J.A.R. Mendes da Silva. “Metodologias de avaliação da vulnerabilidade sísmica de edifícios antigos à escala do centro histórico.” *Proceedings of the 7º Congresso de Engenharia Sísmica*. Porto: FEUP, 2007.
- Vicente, Romeu da Silva. Estratégias e Metodologias para Intervenções de Reabilitação Urbana - Avaliação da Vulnerabilidade e do Risco Sísmico do Edificado da Baixa de Coimbra. Tese de Doutoramento, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2008.

Vicente, Romeu, Humberto Salazar Amorim Varum, e José António Raimundo Mendes da Silva. Vulnerability assessment of traditional buildings in Coimbra, Portugal, supported by a GIS tool. Geneva, Switzerland, 2006.

Wikipédia. 20 de Junho de 2014. <https://pt.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1tima>.